

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Akademia Libroservo/IfK
Kleinenberger Weg 16 B
D-33100 Paderborn

Die Humankybernetik (Anthropokybernetik) umfasst alle jene Wissenschaftszweige, welche nach dem Vorbild der neuzeitlichen Naturwissenshaften versuchen, Gegenstände, die bisher ausschließlich mit geisteswissenschaftlichen Methoden bearbeitet wurden, auf Modelle abzubilden und mathematisch zu analysieren. Zu den Zweigen der Humankybernetik gehören vor allem die Informationspsychologie (einschließlich der Kognitionsforschung, der Theorie über „künstliche Intelligenz" und der modellierenden Psychopathometrie und Geriatrie), die Informationsästhetik und die kybernetische Pädagogik, aber auch die Sprachkybernetik (einschließlich der Textstatistik, der mathematischen Linguistik und der konstruktiven Interlinguistik) sowie die Wirtschafts-, Sozial- und Rechtskybernetik. – Neben diesem ihrem hauptsächlichen Themenbereich pflegen die GrKG/Humankybernetik durch gelegentliche Übersichtsbeiträge und interdisziplinär interessierende Originalarbeiten auch die drei anderen Bereiche der kybernetischen Wissenschaft: die Biokybernetik, die Ingenieurkybernetik und die Allgemeine Kybernetik (Strukturtheorie informationeller Gegenstände). Nicht zuletzt wird auch metakybernetischen Themen Raum gegeben: nicht nur der Philosophie und Geschichte der Kybernetik, sondern auch der auf kybernetische Inhalte bezognenen Pädagogik und Literaturwissenschaft.

La prihoma kibernetiko (antropokibernetiko) inkluzivas ĉiujn tiajn sciencobranĉojn, kiuj imitante la novepokan natursciencon, klopodas bildigi per modeloj kaj analizi matematike objektojn ĝis nun pritraktitajn ekskluzive per kultursciencaj metodoj. Apatenas al la branĉaro de la antropokibernetiko ĉefe la kibernetika psikologio (inkluzive la ekkon-esploron, la teoriojn pri "artefarita intelekto" kaj la modeligajn psikopatometrion kaj geriatrion), la kibernetika estetiko kaj la kibernetika pedagogio, sed ankaŭ la lingvokibernetiko (inkluzive la tekststatistikon, la matematikan lingvistikon kaj la konstruan interlingvistikon) same kiel la kibernetika ekonomio, la socikibernetiko kaj la jurkibernetiko. – Krom tiu ĉi sia ĉefa temaro per superrigardaj artikoloj kaj interfake interesigaj originalaj laboroj GrKG/HUMANKYBERNETIK flegas okaze ankaŭ la tri aliajn kampojn de la kibernetika scienco: la biokibernetikon, la inĝenierkibernetikon kaj la ĝeneralan kibernetikon (strukturteorion de informecaj objektoj). Ne lastavice trovas lokon ankaŭ metakibernetikaj temoj: ne nur la filozofio kaj historio de la kibernetiko, sed ankaŭ la pedagogio kaj literaturscienco de kibernetikaj sciaĵoj.

Cybernetics of Social Systems comprises al those branches of science which apply mathematical models and methods of analysis to matters which had previously been the exclusive domain of the humanities. Above all this includes *information psychology* (including theories of cognition and 'artificial intelligence' as well as psychopathometrics and geriatrics), *aesthetics of information* and cybernetic *educational theory*, *cybernetic linguistics* (including text-statistics, mathematical linguistics and constructive interlinguistics) as well as *economic*, *social* and *juridical cybernetics*. – In addition to its principal areas of interest, the *GrKG/HUMANKYBERNETIK* offers a forum for the publication of articles of a general nature in three other fields: *biocybernetics*, *cybernetic engineering* and *general cybernetics* (theory of informational structure). There is also room for *metacybernetic* subjects: not just the history and philosophy of cybernetics but also cybernetic approaches to education and literature are welcome.

La cybernétique sociale contient tous le branches scientifiques, qui cherchent à imiter les sciences naturelles modernes en projetant sur des modèles et en analysant de manière mathématique des objets, qui étaient traités auparavant exclusivement par des méthodes des sciences culturelles („idéographiques"). Parmi les branches de la cybernétique sociale il y a en premier lieu la psychologie informationelle (inclues la recherche de la cognition, les théories de l'intelligence artificielle et la psychopathométrie et gériatrie modeliste), l'esthétique informationelle et la pédagogie cybernétique, mais aussi la cybernétique linguistique (inclues la statistique de textes, la linguistique mathématique et l'interlinguistique constructive) ainsi que la cybernétique en économie, sociologie et jurisprudence. En plus de ces principaux centres d'intérêt la revue GrKG/HUMANKYBERNETIK s'occupe – par quelques articles de synthèse et des travaux originaux d'intérêt interdisciplinaire – également des trois autres champs de la science cybernétique : la biocybernétque, la cybernétique de l'ingenieur et la cybernétique générale (théorie des structures des objets informationels). Une place est également accordée aux sujets métacybernétiques mineurs: la philosophie et l'histoire de la cybernétique mais aussi la pédagogie dans la mesure où elle concerne cybernétique.

ISSN 0723-4899

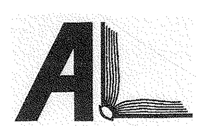
Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Internationale Zeitschrift für Modellierung und Mathematisierung in den Humanwissenschaften
Internacia Revuo por Modeligo kaj Matematikizo en la Homsciencoj
International Review for Modelling and Application of Mathematics in Humanities
Revue internationale pour l'application des modèles et de la mathématique en sciences humaines
Rivista internazionale per la modellizzazione matematica delle scienze umane



HUMANKYBERNETIK

Inhalt * Enhavo * Contents * Sommaire * Indice **Band 57 * Heft 3 * Sept. 2016**



Akademia Libroservo

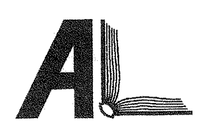
Die GRUNDLAGENSTUDIEN AUS KYBERNETIK UND GEISTESWISSENSCHAFT
(grkg/Humankybernetik) wurden 1960
durch Max BENSE, Gerhard EICHHORN und Helmar FRANK begründet.

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Internationale Zeitschrift für Modellierung und Mathematisierung in den Humanwissenschaften
Internacia Revuo por Modeligo kaj Matematikizo en la Homsciencoj
International Review for Modelling and Application of Mathematics in Humanities
Revue internationale pour l'application des modèles et de la mathématique en sciences humaines
Rivista internazionale per la modellizzazione matematica delle scienze umane

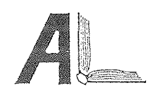


Inhalt * Enhavo * Contents * Sommaire * Indice **Band 57 * Heft 3 * Sept. 2016**



Akademia Libroservo

Verlag und Anzeigen-verwaltung **Eldonejo kaj anonc-administrejo** **Publisher and advertisement administrator** **Edition et administration des annonces**



Akademia Libroservo / IfK GmbH – Berlin & Paderborn
Verlagsabteilung: Kleinenberger Weg 16 B, D-33100 Paderborn
Telefon (0049-/0-)5251-64200 Telefax: -8771101
vera.barandovska@uni-paderborn.de
http://lingviko.net/grkg/grkg.htm

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich (März, Juni, September, Dezember). Redaktionsschluß: 1. des vorigen Monats. - Die Bezugsdauer verlängert sich jeweils um ein Jahr, wenn bis zum 1. Dezember keine Abbestellung vorliegt. - Die Zusendung von Manuskripten (gemäß den Richtlinien auf der dritten Umschlagseite) wird an die Schriftleitung erbeten, Bestellungen und Anzeigenaufträge an den Verlag. - Z. Zt. gültige Anzeigenpreisliste auf Anforderung.
La revuo aperadas kvaronjare (marte, junie, septembre, decembre). Redakcia limdato: la 1-a de la antaŭa monato. - La abondaŭro plilongiĝas je unu jaro se ne alvenas malmendo ĝis la unua de decembro. - Bv. sendi manuskriptojn (laŭ la direktivoj sur la tria kovrilpaĝo) al la redakcio, mendojn kaj anoncojn al la eldonejo. - Momente valida anoncprezlisto estas laŭpete sendota.
This journal appears quarterly (every March, June, September and December). Editorial deadline is the 1st of the previous month. - The subscription is extended automatically for another year unless cancelled by the 1st of December. - Please send your manuscripts (fulfilling the conditions set our on the third cover page) to the editorial board, subscription orders and advertisements to the publisher. - Current prices for advertisements at request.
La revue est trimestrielle (parution en mars, juin, septembre et décembre). Date limite de la rédaction: le 1er du mois précédent. L'abonnement se prolonge chaque fois d'un an quand une lettre d'annulation n'est pas arrivée le 1er décembre au plus tard. - Veuillez envoyer, s.v.p., vos manuscrits (suivant les indications de l'avant-dernière page) à l'adresse de la rédaction, les abonnements et les demandes d'annonces à celle de l'édition. - Le tarif des annonces en vigueur est envoyé à la demande.

Bezugspreis: Einzelheft 10,-- EUR; Jahresabonnement: 40,-- EUR plus Versandkosten.

Druck: d-Druck GmbH, Stargarder Str. 11, D-33098 Paderborn

grkg / Humankybernetik
Band 57 · Heft 3 (2016)
Akademia Libroservo / IfK

Vorwort

Von Jan Claas van Treeck und Stefan Höltgen, Humboldt-Universität zu Berlin, Lehrstuhl für Medientheorien, Chefredakteure der grkg/Humankybernetik (D)

Nach 25 Jahren Redaktionstätigkeit für die Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft verabschiedete sich Vĕra Barandovská-Frank mit der letzten Ausgabe und gab den redaktionellen Staffelstab an uns weiter.

Die "grkg" war seit ihrem ersten Erscheinen ein spezielles Projekt. Geboren 1960 von Max Bense, Gerhard Eichhorn und Helmar Frank aus dem Geist der Kybernetik als "Brücke zwischen den Wissenschaften", versammelte die grkg/Humankybernetik seit 1960 Texte, die eben nicht in den engen Blick einer Fachzeitschrift passten, sondern die sich als Bausteine zu einer Handreichung der Disziplinen, eben der genannten "Brücke", verstanden. Als "Internationale Zeitschrift für Modellierung und Mathematisierung in den Humanwissenschaften" blieb die Stoßrichtung jedoch klar und zumindest für Teile der "hermeneutisch" verankerten Geisteswissenschaften vielleicht so etwas wie ein leiser Affront. Es wundert daher nicht, dass die Kybernetik, die nach ihrer Hochphase in den 1960ern mehr und mehr an den Rand der Wissenschaftslandschaft gedrängt wurde, in der seit den 1980er Jahren in Deutschland entstehenden Medienwissenschaft so etwas wie einen teilweisen Erben fand. Karl Steinbuchs Diktum "Auf keinen Fall scheint es erwiesen oder auch nur wahrscheinlich zu sein, daß zur Erklärung geistiger Funktionen Vorraussetzungen gemacht werden müssen, welche über die Physik hinausgehen", gab sich so, über den kurzen Umweg Jaques Lacan und seiner kybernetisierten Psychoanalyse die metaphorische Hand mit Friedrich Kittlers Projekt einer "Austreibung des Geistes aus den Geisteswissenschaften".

Deshalb erscheint es fast folgerichtig, wenn die Redaktion der grkg/Humankybernetik nun auf den Lehrstuhl für Medientheorien an der Berliner Humboldt-Universität übergeht, der sich dezidiert einer techniknahen materialistischen Medienwissenschaft verschrieben hat und somit auch die Ideen der Kybernetik weiterträgt.

Aber wohin mit der grkg/humankybernetik? Wozu noch Kybernetik, jene Wissenschaft, jene Denkrichtung, die anscheinend historischen Edelrost angesetzt hat? Es hat in den letzten Jahre immer wieder Versuche gegeben, die Geschichte der Kybernetik zu schreiben, somit die Kybernetik zu historisieren. Gleichzeitig wird aber zunehmend begriffen, dass kybernetische Ideen im Zuge der algorithmischen Durchdringung unserer technisierten Lebenswelt ganz handfest in Hard- und Software implementiert werden und somit der Mensch auf ganz unerwartete Weise Teil eines neuen und alltäglichen Mensch-Technik-Verbundes wird, im Sinne einer umfassenden "Technoökologie" (Erich Hörl).

Eine künftige Aufgabe der grkg/Humankybernetik könnte es also sein, das bereits vorhandene kybernetische Wissen erneut zu Tage zu fördern, die angeblich alten Ideen auf ihre Anschluss- und Erklärfähigkeit erneut zu prüfen und gleichzeitig auf die bisher unerkannt implementierte alltägliche Kybernetik kritisch hinzuweisen.
In dieser Ausgabe präsentieren wir Ihnen vier Beiträge unterschiedlicher Provenienz und Herkunft: Stefan Höltgen (HU Berlin) hat im Rahmen seines Forschungsprojektes die Entwicklung des Informatik-Unterrichts in Deutschland untersucht und dabei speziell die Frage nach der sukzessiven Ausblendung der Hardware gegenüber abstrakteren Nutzungskonzepten. Imre Koncsik (LMU München) wirft die Frage auf, welchen Weg die Forschung zur Künstlichen Intelligenz am Anbeginn des Quantencomputer-Zeitalters einschlägt. Lu Zhong, eine Studentin der Medienwissenschaft (HU Berlin) stellt in ihrer zu einem Essay umgearbeiteten Seminararbeit das Verfahren des computerisierten Eye-Trackings zur wissenschaftlichen Untersuchung der Bild-Rezeption vor. In unserem interlinguistischen Teil wirft Jesus Moinhos Pardavila einen Blick auf die Methodologie der linguistischen Analyse von Plansprachen.

Ab der nächsten Ausgabe der grkg/Humankybernetik werden wir auch auf den sich nun wieder verstärkenden akademischen Diskurs der Kybernetik eingehen und Ihnen Hinweise auf Buchpublikationen, Veranstaltungen und Tagungen bieten. In dieser Ausgabe finden Sie bereits eine Ankündigug auf eine computerhistorische Veranstaltung. Wir würden uns freuen, wenn wir von Ihnen Hinweise auf einschlägige Neuerscheinungen, Veranstaltugnen und anderes aus dem Themenfeld des Magazins bekommen. Natürlich sind Ihre sonstigen Vorschläge und Eingaben auch gern gesehen. Kontaktieren Sie uns unter der E-Mail-Adresse **grkg-mewi@hu-berlin.de**

grkg / Humankybernetik
Band 57 · Heft 3 (2016)
Akademia Libroservo / IfK

GO BACK GOTO
Ein kurzer Rückblick die Entfernung der Schulinformatik von den Computern

von Stefan HÖLTGEN, Humboldt-Universität zu Berlin

Der folgende Beitrag geht der Frage nach, wie sich schulischer Informatikunterricht zu Beginn des Mikrocomputerzeitalters (zwischen 1975 und 1990) und im Kontrast dazu private Autodidaktik des Computers in den ebenfalls zu dieser Zeit entstehenden Hobbyisten-Szenen korrespondierend entwickelt haben. Dazu soll zunächst geklärt werden, welche didaktischen Konzepte zu dieser Zeit diskutiert wurden und wie sich – der vor allem Hardware-orienterte – Blick auf Computer und ihre Programmierung der damaligen Hobbyisten davon abhebt. Die historischen Betrachtungen beziehen sich auf die Situation in Deutschland und orientieren sich an der zeitgenössischen Literatur zur Computerdidaktik, Computerkultur und Büchern zur eigenständigen Programmierlehre.

Mit dem Anwachsen der ökonomischen und kulturellen Bedeutung von Computern in den 1960er-Jahren wird die Technologie, die zehn Jahre zuvor noch mit düsteren Metaphern wie „Maschinengehirn“[1] in den öffentlichen Diskurs gebracht wurde, nun als maßgeblich für die intellektuelle und wirtschaftliche Entwicklung der westlichen Welt gesehen. Nachdem IBM zunächst das Fach Informatik für Universitäten „gestiftet“ hatte [vgl. Ceruzzi 2003a:73, 135f.], wurde bald erkannt, dass auch Schulen den Computer nicht länger ignorieren durften, wenn die jeweils nachfolgende Generation mit den Entwicklungen auf dem Gebiet standhalten wollte. Für Deutschland formuliert die *Gesellschaft für Informatik* 1983 daher die folgende Agenda:

> „Wir schlagen vor, für alle Schüler der Sekundarstufe I (der Klassen 5 bis 10) Informatik obligatorisch zu lehren. Hierbei sollen das Verständnis von Lösungsverfahren, deren Realisierung in Programmen und die Arbeitsweise des Computers im Mittelpunkt stehen. Dieser Pflichtbereich sollte in Praktikumsform an Schulrechnern unterrichtet werden.“ [zit. n. Harenberg 1984:100]

---

[1] In einem Artikel des *Spiegels* vom 13. Juli 1950 über den „Binac“-Computer wird etwa von „Maschinengehirn“, „Elektronengehirn“, einem „Gehirn von zehnfachem Elefantengewicht“, „Supergehirn“, einer Maschine mit „zwei voneinander unabhängigen Gehirnhälften“, „Gehirnkasten“, „magnetischem Gedächtnis“, „Gedächtnisröhren“, „Denkmaschine“ und so weiter gesprochen. In der Ausgabe 47 zum Thema „Revolution im Unterricht. Computer wird Pflicht“ vom 19. November 1984 zieht die „Hausmitteilung“ am Heftanfang kritische Bilanz der eigenen Computer-Berichterstattung. [N. N. 1984:3]

1.1 Schuldidaktische Zugänge zum Computer

Bereits zehn Jahre zuvor, 1972[2], war Informatik in die Curricula deutscher Oberstufen eingezogen, wurde aber „nur an jedem zweiten Gymnasium unterrichtet." [Harenberg 1984:100] Die Frage, welche Inhalte dieser Computerunterricht für Schüler enthalten sollte, stand zu Beginn noch vor etwaigen methodischen Ausrichtungen. Zunächst wurden Ansätze, die den Computer als Hardware ins Auge fassen, favorisiert und unter dem Begriff „Rechnerkunde" (Frank/Meyer 1960] aufbereitet. Da dieser Ansatz aufgrund fehlenden Anschauungsmaterials in den Schulen jedoch notwendigerweise theoretisch bleiben musste (Frank/Meyer konzentrieren sich vor allem auf Logik, Binärarithmetik, Schaltalgebra und die „Simulation des Lehrgegenstands 'Rechner'" [1960:96ff.]), findet Knauer [1980:32f.] zufolge recht bald eine *Abkehr von der Hardware* statt, die er auch noch darin bestätigt findet, dass dezidierte Rechnerarchitekturen so schnell veralten, dass deren konkrete Lehre nicht lohne [vgl. Knauer 1980:11].

Aufgrund einer fehlenden Konsolidierung der noch sporadischen Informatik-Ausbildung an deutschen Schulen in den 1970er-Jahren finden sich verschiedene didaktische Modelle, die nur bedingt sukzedieren. Viel hängt von der jeweiligen Ausbildung des Fachlehrers und seiner fachlichen Perspektive ab, wie dieser den an seiner Schule neu etablierten Informatik-Unterricht gestaltet. Zumeist sind es Naturwissenschafts- und Mathematik-Lehrer, die zum Einsatz kommen. Computeranwendungen in den ersten 20 Jahren orientieren sich deshalb auch oft an Problemen, die das jeweilige Fach mit sich bringt ([vgl. Lergenmüller/Schmidt 1990], die in ihrem „Computerzusatzband" vor den eigentlichen mathematischen Anwendungsfällen die Computergeschichte, -architektur und soziale Folgen des Computereinsatzes abhandeln). Außerhalb dieser Disziplinen ist der Computer zumeist Gegenstand und Motiv von Sprache und Literatur im Deutsch- und Englischunterricht [vgl. Hebel/Jahn 1991].

Dass der *rechnerorienterte Ansatz* zu dieser Zeit bereits keine Rolle mehr spielt, zeigt sich in einer der ersten systematischen Überblicksarbeiten zur Computerdidaktik in Deutschland, die Forneck vorlegt. Als erste Etappe identifiziert er den *algorithmenorientierte Ansatz*, der nun nicht mehr rechner-, sondern problemorientiert verfährt und Problemstellungen mehrstufig (Forneck 1990:25f.] in Algorithmen übersetzt, die einer beständigen Revision unterzogen werden. Der *algorithmenorientierte Ansatz* befreit den Lernenden Forneck zufolge zwar „aus der Sklaverei der Maschine"[3], hilft ihn in einer „von Mikroelektronik durchsetzen Lebenswelt" [Forneck 1990:28ff.] jedoch kaum, „Lernen und Leben miteinander zu verbinden" [Harenberg 1984:122]. Dieser Ansatz forciert allerdings eine enge Anbindung an andere Schulfächer, deren Fragestellungen sich algorithmisieren lassen (insbesondere Mathematik und Naturwissenschaften), womit die Informatik als Schulfach zwar eine

[2]Von sehr frühe Versuchen in den 1960er-Jahren, den Computer in der Schule, insbesondere in Musikunterricht einzusetzen, berichtet Volkhard Simons [2013a,2013b].

[3]Forneck zitiert hier Bauer 1979: 88ff.

Legitimation erfährt, jedoch zugleich zu einer Hilfswissenschaft degradiert wird. Dieser Tendenz wurde insbesondere auch durch die Tatsache Vorschub geleistet, „daß zur damaligen Zeit [d. h.: um 1980, S.H.] in den Schulen noch kaum Rechner zur Verfügung standen, um auch die Programmierung sinnvoll einzusetzen“ [Forneck 1990:26].[4]

Etwa zeitgleich (um 1981) zum algorithmenorientierten Ansatz entwickelt sich der *anwenderorientierte Ansatz*, der die Lösung konkreter, praktischer Probleme fokussiert und dabei „immer auch gesellschaftliche, kulturelle, psychologische u.a. Dimensionen“ [Forneck 1990:31] mitdenkt, um dadurch auch den allgemeinbildenden Anspruch des Schulfachs Informatik herauszustellen. Die Allgegenwart des Computers lässt solch eine Perspektive sinnvoll erscheinen. Informatik bekommt dadurch eine „kritisch aufklärerische Funktion“ [Forneck 1990:33], indem der Umgang mit dem Computer als „Kulturtechnik“ [Forneck 1990:33, vgl. Harenberg 1984:102f.] verstanden wird. In die Kritik gerät der Ansatz jedoch, wenn sich die Anwendung als bloße Konkretisierung von Algorithmen darstellt und damit dann wiederum als „Rückkopplung [...] an algorithmisches Problemlösen“ [Forneck 1990:36] kaum allgemeinbildenden Ansprüchen gerecht werden kann.

Zuletzt referiert Forneck den *benutzerorientierten Ansatz*, der „auf die Programmierung verzichtet“ [Forneck 1990:39] und den Umgang mit kommerzieller Software vermittelt, um damit Kompetenz für Computer im „Freizeit- und [...] familiären Bereich“ [Ebd.] zu stiften. In diesem Ansatz wird einem „Unbewußtbleibenlassen“ [Forneck 1990:41] des Rechners Vorschub geleistet. Damit verschwindet die Hardware endgültig hinter der Software, der Algorithmus hinter der Schnittstelle und die Technik hinter der Kultur.

1.2 Spielend programmieren lernen

Bereits Forneck spricht sich aber dafür aus, dass der Rechner als elektronische Maschine präsent sein und bleiben muss, „[d]enn hier existiert eine Wirklichkeit, die die Schüler selbst kennen, die sie selbst betrifft, die sie selbst übersehen (lernen) können und in der sie auch Wirklichkeit aktuell mitgestalten können.“ [Forneck 1990:47] 1990 zeigt sich nämlich bereits ein ganz anderes Bild vom „Computer in der Gesellschaft“: Ab der ersten Hälfte der 1980er-Jahre haben kostengünstige Mikrocomputer als Homecomputer die Haushalte der Privatanwender und insbesondere Kinder und Jugendliche, also Schüler, erreicht, deren Lebenswelt und „Freizeit“ [Forneck 1990:29] sich nun von der „Mikroelektronik durchsetzt“ [Forneck 1990:28] darstellt:

> „Nie zuvor in ihrer Geschichte sah sich die deutsche Schule einer so starken privaten und kommerziellen Konkurrenz ausgesetzt. Vieles, was die Schule auf diesem Gebiet künftig lehren will, können ihre Schüler schon heute anderswo lernen, wenn auch häufig eher schlecht als recht: zu Hause im Wohn- oder

[4]Noch 1984 fehlen „in der Bundesrepublik Computer an 25.000 Schulen im Wert zwischen 400 und 600 Millionen Mark [...]. Viele Gymnasien haben lediglich einen einzigen Rechner. Er kann Schülern nur vorgeführt, von ihnen aber nicht benutzt werden.“ (Harenberg 1984: 107,109].

Kinderzimmer, in Volkshochschulen, in 'Computerschulen' und 'Bildungszentren', die wie Pilze aus der Erde schießen." [Harenberg 1984:109]

Die Homecomputerindustrie ruft Verlage in großer Zahl auf den Plan, die systemspezifische oder systemübergreifende Literatur in Form von Kursen, Büchern und Zeitschriften anbieten [vgl. Harenberg 1984:109], und in denen private Computernutzer jeden Alters und aller Erfahrungsstufen („Keine Vorkenntnisse erforderlich" [Bauer 1984]) Anleitungen zum Umgang mit dem Computer finden. Die Bandbreite reicht von Ratgebern für den Kauf von Hardware [z.B. Sopart 1984] und Software (insbesondere Computerspielen [vgl.: Obermair 1983], allgemeinen und einführenden Darstellungen [vgl. Bauer 1984, Hesselmann 1985] über Programmier- und Hardwarebau-Lernwerke [z.B. Glagla/Feiler 1984] bis hin zu Fortsetzungsserien über Mikrocomputer, ihre Anwendung, Programmierung und Wartung [vgl. Computer Kurs 1982-89].

Angeleitet durch diese Literatur und durch die den jeweiligen Systemen beigefügten Handbücher, die zugleich immer auch Programmierlehrbücher sind, etabliert sich eine Computerlehre außerhalb des Schulunterrichts. Diese konzentriert sich vor allem auf die Programmierung in Anfängerprogrammiersprachen, allen voran BASIC, das im Großteil der Homecomputersysteme fest in den ROMs integriert und nach dem Einschalten der Computer sofort nutzbar war.[5] Weil der größte Einsatzbereich der Homecomputer im Umgang mit Computerspielen bestand („entweder mit kommerziellen oder mit eigenen" [Harenberg 1984:100]), versuchten sowohl die Handbücher[6] als auch die unabhängigen Verlagspublikationen die Computeranwender genau hier „abzuholen" und die Programmierung von Computerspielen zu lehren.

Der Erfolg der Verbindung von Computer, Computerspiel und Programmierlehre lässt sich indirekt an der beeindruckenden Menge der zeitgenössischen Publikationen messen. Das Computerspiel wird in Büchern wie „Spielend Programmieren lernen" [Koch 1985] dabei implizit dialektisch gewendet und als „Computer-Spiel" doppeldeutig: *Das Programmieren von Spielen ist bereits selbst ein Spiel* – eines, dass das Programmierwerkzeug zugleich zum Spielgegenstand werden lässt. Dass die Programmierung vornehmlich in BASIC-Dialekten und Assemblersprachen stattfindet, offenbart eine interessante Diskrepanz zwischen privater und schulischer Informatik

[5]Ausnahmen hiervon bildeten die eher als semiprofessionelle Systeme einzustufenden „Clean Computer" der Firma Sharp (die Modelle der Reihen MZ-80 [1980], MZ-700 [1983] und MZ-800 [1985] verfügten lediglich über ein Monitorprogramm, das das Nachladen von Software und Programmiersprachen ermöglichte), die frühen Homecomputer von Atari (Modelle Atari 400 [1979] und 800 [1979]), deren Programmiersprachen auf ROM-Cartridges separat gekauft werden mussten und wenige Systeme mit alternativen ROM-implementierten Programmiersprachen wie der Jupiter Ace [1982] von *Jupiter Cantab*, der nach dem Einschalten ein Forth-System bereitstellte.

[6]In ausnahmslos allen deutschsprachigen Handbüchern von Homecomputern findet sich mindestens ein BASIC-Spiel-Programm zum Abtippen. Damit wird in gewisser Weise eine Tradition gewahrt, die seit der Übergangszeit von der Mini- zur Mikrocomputer-Ära besteht: David J. Ahl hatte zusammen mit DEC 1970 das Buch „Basic Computer Games" (Ahl 1973] publiziert, das er später auch für Homecomputer und deren BASIC-Dialekte adaptierte [vgl. Ahl 1978].

(dem „Unterricht an Computern und über Computer" [Harenberg 1984:103] und ihrer jeweiligen Didaktik.

1.3 Problemfern und Hardwarenah: BASIC

> „Um eines gleich vorweg zu sagen: Sie brauchen nichts Besonderes zu können oder zu wissen, kein Diplom als Elektroingenieur zu haben oder Magister der Mathematik zu sein. Programmieren werden Sie lernen, wenn Sie nur verstehen, *dass ein Heimcomputer ein Elektrogerät wie jedes andere ist.*" [Koch 1985:7, Hervorhebung S. H.]

Hinter diesen ersten (Vor)Worten des Buchs „Spielend Programmieren lernen" offenbart sich eine Sichtweise auf Computer, die den überwunden geglaubten rechnerorientierten Ansatz der Computerdidaktik erneut aufzurufen scheint. Und in der Tat wird in dieser Publikation wie auch in den meisten anderen Programmierlehre implizit hardwareorientiert betrieben: in Assembler und BASIC[7]. Der Grund für BASIC liegt zum einen in der bereits erwähnten Verfügbarkeit in den ROMs der Computer und der für Assembler darin, dass Homecomputer-Programme mit akzeptabler Performance, geringem Speicherverbrauch und weitestgehender Ausnutzung der technischen Möglichkeiten (insbesondere Grafik und Sound) der Programmierung in Assembler bedürfen.

Mag in privaten Kontexten die Programmierung in Assembler aus diesem Grund sinnvoll erschienen sein, schließt sie sich für schulische Zwecke seinerzeit jedoch aufgrund ihrer Hardwareabhängigkeit aus. Nicht so BASIC, das sich den Informatik-Lehrenden mit den vorhandenen Computern geradezu aufdrängt, wie Knauer [1980] schreibt, dessen eigener didaktischer Ansatz dem algorithmenorientierten Modell zuzurechnen ist:

> „Neuere Kurse nach den Lehrplänen für die Reformierte Oberstufe greifen häufig auf die 'Personal Computer' zurück, die gerade rechtzeitig am Markt erschienen sind, um als Medium für den Informatikunterricht zu dienen. Damit ist als Programmiersprache Basic festgelegt (mit all seinen Vorzügen und Schwächen). Bessere Programmiersprachen, die neuerdings zu Einsatz kommen, konnten sich in den Schulen noch nicht durchsetzen, weil sie oft einen erheblichen Ausbau des Rechners bedingen, der bei frühen Modellen nicht ohne weiteres möglich ist." [Knauer 1980:17]

Die „Vorzüge und Schwächen" von BASIC als Schulsprache sind ein zuvor intensiv diskutiertes Thema gewesen. Bereits 1976 hatte sich ein „Arbeitskreis Schulsprache" gebildet, der nicht nur mit der Bewertung der vorhandenen Lehrsprachen

---

[7]Nicht nur wegen Befehlen zur Hardware-Programmierung (PEEK, POKE, CALL, ...), sondern bereits aufgrund seiner Syntax und Struktur kann BASIC als hardwarenahe Programmiersprache gelten. [vgl. Höltgen 2013b: 14-20]

betraut war, sondern auch eine eigene[8] entwickeln sollte. Balzert [1976:C) integriert in den Abschlussbericht „Eine kritische Beurteilung der Programmiersprache BASIC", deren Quintessenz lautet: BASIC abstrahiert nicht ausreichend von der Maschine [Balzert 1976:C5], um problemorientiert verwendet werden zu können, BASIC fördert einen unstrukturierten Programmier- [Balzert 1976:C5] und Problemlösungsstil [Balzert 1976:C4], BASIC ist aufgrund seiner indifferenten Datentypen [vgl. Balzert 1976:C6f.], Ablaufsteuerungen [Balzert 1976:C8] und vor allem Sprungoperationen[9] [Balzert 1976:C8] aus informatischer Sicht problematisch und BASIC kann aufgrund der „uneinheitliche[n], herstellerabhängige[n]" [Balzert 1976:C12] Dialekte außerhalb des jeweiligen Unterrichts und der verwendeten Plattform kaum angewendet werden.

Aus dem obigen Zitat von Knauer geht bereits hervor, dass man sich um 1980 offenbar mit BASIC als Lehrsprache „arrangiert" hat: „Gescheitert sind die Versuche, für den Schulgebrauch eine geeignete Sprache herauszufinden. Am weitesten verbreitet ist das leicht erlernbare 'Basic'" [Harenberg 1984:116]. Renommierte deutsche Schulbuchverlage, wie *Schoeningh*, publizieren deshalb BASIC-Lehrbücher für den Unterricht [vgl. Schupp 1980], in denen gezeigt werden soll, dass „ein Computer nicht nur ein folgsamer Rechenknecht, sondern auch ein guter Spielpartner ist." [Schupp 1980:4] Das Schulbuch argumentiert damit auf derselben Ebene wie die Hobbyisten-Publikationen zum „spielenden Programmierlernen". Da sich der private Computerbesitz (zumal von Kindern und Jugendlichen) erst zur Anfang der 1980er-Jahre vermehrt einstellt, sind jugendliche Freizeitprogrammierer noch oft auf fremde Computer (von Eltern, in Kaufhäusern und auch in Schulen[10]) angewiesen, wenn sie außerhalb des Unterrichts BASIC lernen wollen.

> "Die herkömmliche Schule hat sich so weitgehend auf die 'Beschulung' eingestellt, daß es undenkbar erscheint, an einen Schüler ein Schulgerät zu selbstständiger Benutzung zu überlassen, ohne ihn dauernd zu überwachen und zu bevormunden. Wenn an einigen Schulen dennoch ein Rechner für eigene Übungen zur Verfügung steht, so geschieht das auf Initiative einzelner Lehrer. Meist ist dabei eine erhebliche Bindung an Termine gegeben, d.h. häufig steht der Rechner nur während des Schulvormittags bereit, weil die notwendigen Räume ansonsten nicht zugänglich sind. Sind die Verhältnisse in Einzel- fällen entsprechend günstig, so sind die oben geschilderten Effekte des vertieften Verständnisses fast eher anzutreffen. [...] Jene Lehrer, die aus Idealismus und

[8]Die daraus hervorgegangenen, 1976 an der *TU Berlin* Lehr-Programmiersprache ELAN (Educational Language, vgl. Hahn/Stock: 1979] hat keine weite Verbreitung gefunden, diente jedoch zur Entwicklung der Betriebssysteme L2 (EUMEL) und L3.

[9]Balzert ruft hier eine frühe Warnung Edsger J. Dijkstras in Erinnerung: „Go-to statement considered harmful" (Dijsktra 1968]. Dijkstra geht an anderer Stelle so weit, BASIC-Programmierer zu pathologisieren: „It is practically impossible to teach good programming to students that have had a prior exposure to BASIC: as potential programmers they are mentally mutilated beyond hope of regeneration." (Dijkstra 1975]

[10]„'Wenn es um Computer geht', versicher Helmut Mück, Leiter der hessischen Gesamtschule in Ehringhausen, 'braucht man die Schüler nicht zu motivieren.' Und: 'Das gibt's doch gar nicht', zitierte ein hannoversches Elternblatt eine Mutter, 'daß ein Kind während der Ferien in die Schule geht, aber es war eben nur wegen des Computers.'" (Harenberg 1984: 100f.]

Freude am Thema solche Möglichkeiten eröffnen, verdienen große Anerkennung und Dank.“ [Knauer 1980:18]

Durch diesen Doppel-Einsatz von BASIC in Freizeit/Freistunde und Schulunterricht verändert sich gleichzeitig auch die (praktische) Pädagogik im Informatik-Unterricht. Knauer fährt fort: „Auch sind Fälle bekannt, wo Schüler sich selbst soweit ausgebildet haben, daß sie 'alten Hasen' einiges vorraus [sic] hatten.“ [Knauer 1980:18] Hier schließt sich nun die Frage an, wie sich Schüler überhaupt „soweit selbst“ ausbilden konnten, dass die Rollen zwischen Schüler und Lehrern im Informatik-Unterricht zeitweise changieren.

1.4 Coding for Fun: Autodidaktische Informatik

Die Programmierlehre findet zur Zeit der frühen Mikrocomputer schon aufgrund des noch nicht hinreichend vorhandenen oder angemessen ausgestatteten Informatik-Unterrichts zumeist im Privaten statt. Die Tatsache, dass hierbei lehrerlos gelernt wird, bedeutet jedoch nicht, dass die jungen Programmierer dieser Zeit ohne Hilfsmittel programmieren lernen mussten [vgl. Solomon 2003:4]. Thomas Kurtz, einer der Entwickler von BASIC, präferiert das am Handbuch orientierte Selbststudium: „Attending a class is pretty much a waste of time. [...] The way to learn new languages is to read the manual.“ [zit. n. Biancuzzi/Warden 2009:91] Und in der Tat geben die Manuals der Homecomputer sowie die erhältliche Literatur vielfältigste Hilfestellungen für das Selbstlernen. Es bedarf jedoch einer spezifischen Didaktik – *der Autodidaktik* –, um auf diese Weise (programmieren) lernen zu können.

Joan Solomon, der mit „The Passion to Learn. An Inquiry into Autodidactism“ [Solomon 2013] eine umfangreiche Studien zum Thema veröffentlicht hat, sieht beim Autodidakten drei wesentliche Prinzipien: 1. die (möglichst) kleinschrittige Lernprogression, 2. ein autonomes Vorgehen bei der Untersuchung des Lerngegenstandes (ohne Prüfungs- oder Berichterstattungszwänge) und 3. (Lern)Handlung aufgrund eines eigenen Impulses.[11] [vgl. Solomon 2003:13f.] „This requires, with reference to all that is presented to the intellect, the memory, the tongue and the hand, that pupils shall themselves seek, discover, discuss, do and repeat, without slacking, by their own efforts.“ [Solomon 2003:14] Der Autodidakt zeichnet sich Solomon zufolge darüber hinaus durch seine „Mitteilsamkeit“ aus: „Any autodidacts worth their salt would stick to their own notions as long as possible. [...] Explaining your own ideas to others might be satisfying“ [Solomon 2003:12], was das oben zitierte Changieren der Lehr-/Lernposition im Unterricht erklären könnte. Dieses Changieren beginnt bereits bei der solitären Programmierlehre des Lernenden vor dem Computer: Während der Mensch programmieren lernt, lehrt er den Computer, was dieser zu tun hat. Dieses Wechselspiel weitet sich beim Autodidakten ins Soziale aus: Letztlich kulminiert sein Lernen in soziale Lernhandlungen: „Zwar gibt es Jugendliche, die sich an ihrem

[11] Solomon lehnt seine Theorie an die Überlegungen des frühneuzeitlichen Pädagogen, Theologen und Philosophen Jan Amos Comenius an. Dieser benutzt für die Prinzipien 2 und 3 die Begriffe „Autopsie“ und „Autopraxie“, von denen ersterer gerade in Hinblick auf die „Öffnungspraxen“ privater Computernutzer eine interessante Metapher darstellt.

Heimcomputer isolieren ", schreibt Harenberg [1984:119] ein weitläufiges Gerücht über jugendliche Computernutzer widerlegend, „[...] Aber sogar unter den Hackern und Freaks, deren Welt nur noch aus Bits und Bytes, aus Load und Run zu bestehen scheint, sind solche Einzelgänger eine Minderheit. Die meisten haben alte Freunde verloren und neue gewonnen, mit denen sie fachsimpeln [...]."

Welches Lern- und Lerner-Bild steht hinter einer solchen Vorgehensweise? Im Modus operandi des Autodidakten lassen sich zentrale Prozessmerkmale der konstruktivistischen Lerntheorie wiederfinden:

> „Lernen ist nur über die aktive Beteiligung des Lernenden möglich. Dazu gehört, dass der Lernende zum Lernen motiviert ist und dass er an dem, was er tut und wie er es tut, Interesse hat oder entwickelt. Bei jedem Lernen übernimmt der Lernende Steuerungs- und Kontrollprozesse. Wenn auch das Ausmaß eigener Steuerung und Kontrolle je nach Lernsituation variiert, so ist doch kein Lernen ohne jegliche Selbststeuerung denkbar. Lernen ist in jedem Fall konstruktiv: Ohne den individuellen Erfahrungs- und Wissenshintergrund und eigene Interpretationen finden im Prinzip keine kognitiven Prozesse statt. Lernen erfolgt stets in spezifischen Kontexten, sodass jeder Lernprozess auch als situativ gelten kann. Lernen ist schließlich immer auch ein sozialer Prozess: Zum einen sind der Lernende und all seine Aktivitäten stets soziokulturellen Einflüssen ausgesetzt, zum anderen ist jedes Lernen ein interaktives Geschehen." [Hubwieser 2007:10]

Konstruktivistische Ansätze zeigen sich bereits bei Knauer [1980:9f.,12], wenn er kritisiert, dass Informatikunterricht in der Oberstufe erst einsetzt, wenn die Schüler „fast völlig 'verdorben[..]'" [14] sind, weil ihnen bis dahin bereits jegliche Lernautonomie abhanden gekommen ist. Informatikunterricht muss als „Leitmotiv" den „Spieltrieb" [sic!] ansprechen. Dies wird Knauer zufolge am ehesten erreicht, „wenn der Schüler vor dem Rechner sitzt, aber noch nichts damit anfangen kann." [Knauer 1980:40] In dieser Situation ist er zum Experimentieren (zur „Autopsie") gezwungen, setzt Trial-and-Error-Verfahren ein, berät sich mit anderen Schülern, sucht eigenständig in unterschiedlichen Quellen nach Vorgehensweisen und Problemlösungen, überträgt außerschulisches Wissen auf die Situation, nutzt den Computer dabei – allem voran – sowohl als Zeug als auch Werkzeug[12].

Die oben bereits herausgestellte Dialektik des „Computer-Spiels" erfährt hier ihre didaktische Wendung, denn in einem solchen Zugriff auf den Computer im Unterricht offenbart sich eine *Protoform des E-Learning*, hervorgebracht durch konstruktivistische Autodidaktik:

---

[12]Vgl. Martin Heidegger unterscheidet (unter anderem) in „Sein und Zeit" das Werkzeug vom Zeug: Wo ersteres „zuhanden" ist und weder in seinem Wesen noch seiner Beschaffenheit wahrgenommen und hinterfragt wird, gerät zweiteres zum Gegenstand der Betrachtung. In diesem Sinne wird zum Beispiel dann aus dem Werkzeug ein Zeug, wenn wir es nicht als Werkzeug benutzen können, weil wir zum Beispiel nicht wissen, wie es funktioniert und dies erst ergründen müssen. [vgl. Heidegger 2006: 66ff.]

> „Das Augenmerk der E-Learning-Nutzer ist von der Technik auf die Software, vom individuellen Lernen und Arbeiten mit Programmen auf die Bildung von Gemeinschaften und Informationsaustausch in Netzwerken gewechselt. E-Learning setzt nicht mehr auf Multimedia für Selbstlernphasen, sondern auf kommunikative Interaktion und Partizipation in Gruppen und Gemeinschaften." [Schulmeister 2004:320]

Start Coding Now!

Wie stellt sich die Situation heute dar? Der Informatik-Unterricht in Deutschland ist, weiß er wie alle Schulfächer den Bestimmungen der Kultusministerien der Länder unterliegt, hochgradig uneinheitlich. In manchen Bundesländern wird Informatik bereits in Protoformen in der Grundschule angeboten und die Arbeit mit Computern in verschiedene Fächer integriert. Einzelne Länder bieten ein Informatik-Leistungsfach für Schüler an, die ihr Abitur darin ablegen wollen. In nicht wenigen Ländern ist ein Computer-Fach jedoch fakultativ oder wird gar nicht angeboten.[13]

So vielfältig wie das quantitative Angebot ist, unterscheidet sich auch der inhaltliche Zugang zum Thema. Vielfach dominiert der *anwenderorientierte Ansatz*, der unter anderen in medienethischen und -rechtlichen Fragestellungen kulminiert, trägt doch mittlerweile nahezu jeder Jugendliche einen leistungsstarken, internetfähigen Computer in der Hosentasche, der vor allem als Kommunikationsinstrument für Texte, Bilder und Filme genutzt wird. Dort, wo Informatik in der Oberstufe angeboten wird, bereitet das Fach häufig auf das Fachstudium der Informatik vor, und führt in die durch die Gesellschaft für Informatik etablierten Teildisziplinen[14] ein.

Auffällig ist in beiden „Extremfällen" allerdings die Absenz des rechner-orientierten Ansatzes beziehungsweise der technischen Informatik. Wie ein Computer als konkreter Apparat funktioniert, tritt vor den Fragen zurück, was er als theoretischer Automat ist, wie er programmiert wird, wozu er genutzt wird und welche kulturellen und sozialen Konsequenzen mit seinem Vorhandensein in allen Lebensbereichen entstehen. Das „Blackboxing" des Computers, das bereits durch die Trennung der informatischen Abstraktionsschichten in einzelne Teil-Disziplinen (und damit verbunden ausdifferenzierte Konstruktions- und Produktionssphären) erfolgt ist, eskaliert in der Konfrontation des Nutzers mit dem Apparat vollends.

Computer verbergen sich hinter „Devices", werden auf ihre Schnittstellen oder gar auf „Protokolle" reduziert. Programme, die als Apps auf virtuellen Java-Maschinen ausgeführt werden, sind für den Anwender als Codes genauso wenig einsehbar, wie er in der Lage ist, die vielfach verschraubten und verklebten Geräte zu öffnen. Falls ihm dies doch gelingt, sieht er sich vor einem für ihn zumeist undurchdringbaren Geflecht von komplexen, miniaturisierten Schaltungen und hoch-integrierten Spezialbausteinen. Computerhardware begegnet dem Anwender heute nur noch dann, wenn der Hersteller eigene Erweiterungen von Speicher oder anderen Peripherie-Einheiten erlaubt.[15]

[13] Vgl. http://www.informatikstandards.de/ (23.08.2016)

[14] Vgl. https://www.gi.de/gliederungen/fachbereiche.html (23.08.2016)

[15] Dort, wo Privatanwender das „Zutrittsverbot" missachten, können schnell juristische Probleme folgen, wie der Fall des PlayStation-3-Hackers George Hotz gezeigt hat, der seine Erkenntnisse über die Hardware im Internet

Aber wie bereits vor 40 Jahren steht der curriculären Auseinandersetzung mit Computern eine hobbyistische Entgegen, die die „Hardware-Defizite“ kompensiert. In Hacker- und Makerspaces, auf Messen, in Repair-Cafés und for allem in den sozialen Netzwerken des Internets wird Wissen über aktuelle Hardware distribuiert, diskutiert, werden Reparatur- und Hack-Anleitungen gegeben und findet autodidaktische Computer-Ausbildung statt. Die akademische Subdisziplin „Didaktik der Informatik“ beobachtet und analysiert dieses Phänomen bereits seit den 1980er-Jahren, in der letzten Zeit jedoch verstärkt unter Begriffen wie „Selbstreguliertes Lernen“ oder „Selbstlernkompetenz“ [vgl. Kaiser 2003]. Insbesondere die autodidaktische Programmierlehre moderner Programmiersprachen, unterstützt durch E-Learning-Konzepte wird dabei untersucht.

Auffällig ist allerdings, dass nicht nur neue und neueste Sprachen und Systeme der Gegenstand dieses der Hobbyisten sind, sondern zunehmend auch alte Computerhardware in den Fokus dieser Szenen rückt. Diese Geräte verfügen über Vorzüge, die sie schon in der Frühzeit des Mikrocomputers zu interessanten Objekten für Hardware-Bastler gemacht haben: weiträumige elektronische Strukturen, wenige spezialisierte integrierte Schaltkreise und vergleichsweise leichte maschinennahe Programmiermöglichkeiten. Mit ihnen wird nicht nur operative Geschichtsschreibung und Kritik an den hermeneutisch-diskursiven Methoden der Computergeschichtsschreibung betrieben, sondern auch die prinzipielle Ähnlichkeit von unterschiedlich (alten) Von-Neumann-Architekturen und Turing-Maschinen bestätigt. Kein Computer ist so alt, so schlecht oder so langsam, dass sich nicht von ihm lernen ließe.

Schrifttum

- Ahl, David H. (Ed.) (1978): Basic Computer Games. Microcomputer Edition. New York: Workman Publ.
- Ahl, David H. (Ed.): Basic Computer Games. Maynard: Digital Equipment Corporation 1973. (http://bitsavers.trailing-edge.com/pdf/dec/_Books/101_BASIC_Computer_Games_Mar75.pdf, Abrufdatum: 19.02.2015)
- Arbeitskreis Schulsprache (ASS) (1976). Empfehlungen, Ergebnisse, Abschlußbericht und Stellungnahme zu BASIC. Mai 1976.
- Balzert, H. (1976): Stellungnahme des ASS zur Programmiersprache BASIC. – Eine kritische Beurteilung der Programmiersprache BASIC. In: Empfehlungen, Ergebnisse, Abschlußbericht und Stellungnahme zu BASIC, hg. v. Arbeitskreis Schulsprache (ASS). Mai 1976, Kapitel C.
- Bauer, F. L. (1979): Top down teaching im Informatikunterricht. In: Weinhart, K. (Hg): Informatik im Unterricht. Eine Handreichung. München: Oldenbourg, S. 88ff.
- Bauer, Wolfgang (1984): Computer Grundwissen. Eine Einführung in Funktion und Einsatzmöglichkeiten. Niederhausen: Falken-Verlag.

---

veröffentlicht hatte und vom Hersteller Sony daraufhin mit der Androhung einer Millionen-Dollar-Klage zum Schweigen gebracht wurde.
(Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/George_Hotz#Gerichtliche_Auseinandersetzung_mit_Sony, 23.08.2016)

- Biancuzzi, Federico/Warden, Shane (2009): Masterminds of Programming. Conversations with the Creators of Major Programming Languages. Beijing u.a.: O'Reilly.
- Ceruzzi, Paul E. (2003a): Eine kleine Geschichte der EDV. (Aus dem Amerikanischen von Prof. Dr. Arne Willner) Bonn: mitp-Verlag.
- Computer Kurs. Einsteigen – Verstehen – Beherrschen. Ein wöchentliches Sammelwerk. Heft 1-84. Hamburg: Sammelwerk Redaktions-Service 1982-1989.
- Dijkstra, E. W. (1968): Go-to statement considered harmful. In: Commun. ACM 11 (1968), 3: S. 147–148. (http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD02xx/EWD215.html)
- Dijkstra, E. W. (1975): How do we tell truths that might hurt? (1975) In: http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD04xx/EWD498.html (Abrufdatum: 19.02.2015)
- Forneck, Hermann J. (1990): Entwicklungstendenzen und Probleme der Didaktik der Informatik. In: Beiträge zur Didaktik der Informatik, hg. v. Günther Cyranek. Frankfurt am Main: Diesterweg, S. 18-53.
- Frank, Helmar/Meyer, Ingeborg (1972): Rechnerkunde. Elemente der digitalen Nachrichtenverarbeitung und ihrer Fachdidaktik. Stuttgart u.a.: Kohlhammer.
- Glagla, Joseph/Feiler, Dieter (1984): Mein Heimcomputer selbstgebaut zum Lernen, Spielen, Messen, Steuern, Regeln, … Ravensburg: Otto Meier Verlag.
- Hahn, Rainer/Stock, Peter (1979): ELAN-Handbuch. (Studientexte Informatik) Wiesbaden: Akademische Verlagsgesellschaft.
- Harenberg, Werner (1984): Alarm in den Schulen: Die Computer kommen. In: Der Spiegel Nr 47, (19. November 1984), S. 97-129.
- Hebel, Franz/Jahn, Karl-Heinz (1991): Computer in Sprache und Literatur. Bausteine für den Deutschunterricht. Textband. Frankfurt am Main: Cornelsen.
- Heidegger, Martin (2006): Sein und Zeit. Tübingen: Niemeier.
- Hesselmann, Norbert (1985): Mein Heimcomputer. Grundlagenwissen leicht verstehen. Düsseldorf u.a.: Sybex.
- Höltgen, Stefan (2013b): Programmieren in BASIC. Zehn Bemerkungen zu einer verfehmten Programmiersprache. In: Retro Nr. 29 (Winter 2013/14), S. 16-23.
- Hubwieser, Peter (2007): Didaktik der Informatik. Grundlagen, Konzepte, Beispiele. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Kaiser, Armin (2003): Selbstlernkompetenz, Metakognition und Weiterbildung. In: Ders. (Hg.): Selbstlernkompetenz. Metakognitive Grundlagen selbstregulierten Lernens und ihre praktische Umsetzung. München/Unterschleißheim: Kluwer 2003, S. 12-34.
- Knauer, Willi (1980): Informatik als Schulfach. (Reihe: EDV in der Anwendung, hrsg. v. Prof. Dr. Martin A. Graef, Band 12). Tübingen: Neuer Verlag Bernhard Bruscha.

- Koch, Karl-Heinz (1985): Spielend programmieren lernen. Einführung in das kreative Programmieren mit dem Heimcomputer. Lernen Sie, Computerspiele selbst zu gestalten. (ht Ratgeber). München: Humboldt-Taschenbuchverlag.
- Lergenmüller, Arno/Schmidt, Günter (1990): Lambacher Schweizer – Computer Zusatzband. Sekundarstufe 1. Stuttgart: Klett.
- N. N.: Hausmitteilung. Datum: 19. November 1984. Betr.: Titel. In: Der Spiegel Nr 47, (19. November 1984), S. 3.
- Obermair, Gilbert (1983): Telespiele Report '84. Die wichtigsten Systeme. Einkaufsberatung – Preise. Entwicklungstendenzen. München: Heyne.
- Schulmeister, Rolf (2004): Der Computer enthält in sich ein Versprechen auf die Zukunft. In: Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive, hrsg. v. Hans Dieter Hellige. Berlin u.a.: Springer, S. 317-323.
- Schupp, Wilfried (1980): Schüler programmieren in BASIC. Paderborn: Ferdinand Schoeningh.
- Simons, Volkhard (2013a): Klingende KONTAKT-Tafeln. Wie der Computer in den Musikunterricht fand. In: Retro Nr. 28 (Sommer 2013), S. 34-37.
- Simons, Volkhard (2013b): Das KÖLN-Programm. Wie sich Computer und Schule offline vernetzten. In: Retro Nr. 29 (Winter 2013/14), S. 24-25.
- Solomon, Joan (2003): Theories of learning and the range of autodidactism. In: The Passion to Learn. An Inquiery into Autodidactism, ed. by Joan Solomon. London, New York: Routledge/Falmer, p. 3-23.

grkg / Humankybernetik
Band 57 · Heft 3 (2016)
Akademia Libroservo / IfK

Quantum Intelligence. Eine Meta-Physik der Künstlichen Intelligenz

von Imre KONCSIK, Ludwig-Maximilians-Universität München (D)

Keywords: quantum computing, quantum intelligence, artificial intelligence, AI, künstliche Intelligenz KI

Vorbemerkung

Quantum Intelligence meint die künstliche Erzeugung von vielfach verschränkten komplexen Quantensystemen, die sich bei Zimmertemperatur stabilisieren und makroskopische Systeme steuern. Dabei ersetzt eine fraktale Architektur (etwa organische Moleküle) das konventionelle Interferometer, so dass eine komplexe Dynamik auf der Quantenskala emergieren kann.

Die zugehörige „Software" wäre ein nicht deterministisches Programm, das dynamische komplexe Information in präparierten Verschränkungs-Bits / V-Bits erzeugt. Komplexe Information kann in Fraktalen repräsentiert werden. Ihre isomorphe Transformation würde die Selektion zwischen Alternativen konstruktiv begrenzen.

Beides zusammen definiert ein komplexes Quantensystem, das zu relativ selbständigen , kreativen und adaptiven Leistungen in einem nicht antizipierbaren Umfeld fähig ist.

Intelligente Quantensysteme

Quantum Intelligence bezeichnet somit ein dynamisches Quantensystem, das primär sich selbst und sekundär das ihm korrelierte klassische Substrat ordnet und steuert. Um ausreichend Ordnung im Quantenbereich zu erreichen, bedarf es eines gewissen Grades an Komplexität, i.e. vielfach verschränkter Quantenzustände, die immer komplexere Meta-Zustände auf höheren Ebenen ausbilden. Die Komplexität des Quantensystems bildet sich analog ab in der Komplexität des klassischen Substrates bzw. Systems. So spiegeln verschränkte Quantenzustände bidirektionale und rekurrente Verbindungen zwischen Neuronen in einem neuronalen Netzwerk: das klassische und das quantische System bilden ein dynamisches Netzwerk, das parallel Information verarbeitet und dadurch eine komplexe Ordnung generiert. Die komplexe Ordnung des Quantensystems kann informationstheoretisch als komplexe „Information über Information über ..." verstanden werden. Dem entsprechen abstrakte Informationen, die in Relationen, d.h. in sog. komplexen Verschränkungs-Bits (V-Bits) repräsentiert sind. Vielfach verschränkte Quantenzustände speichern komplexe Information auf der Quantenebene[1].

[1] Daher wäre in der Sprache der Physik das Ergebnis von Messungen nicht linear abhängig vom Ergebnis der komplexen Informationsverarbeitung, d.h. es kommt zu einer Verletzung der ausschließlich unter künstlichen Laborbedingungen geltenden Quantenstatistik durch komplexe und insbes. durch lebendige Systeme.

Die Dynamik eines variierenden Verschränkungsprozesses ermöglicht ferner die Verarbeitung komplexer Information. Komplexe Information könnte nun geometrisch durch Fraktale repräsentiert bzw. kodiert werden: sie bilden den seltsamen Attraktor eines komplexen Systems[2] . Aktive Fraktale würden v.a. im organischen Bereich beides, die klassische Ordnungsstruktur und dynamische Organisation, kontrollieren. Die Quantensteuerung löst eine geordnete Dynamik von Wechselwirkungen passiv aus bzw. lässt sie kontrolliert emergieren. Die Wechselwirkungen bilden temporär Synergien und fraktale Aktivitätsmuster aus, in denen sich ein komplexes System manifestiert.

Die beobachtbaren fraktalen Aktivitätsmuster können wie ein Schattenwurf des im Vergleich komplexeren Fraktals der Quantenwirklichkeit verstanden werden[3]. Damit erhalten die Quantenphysik bzw. zentrale Paradigmen wie Verschränkung, Superposition, instantane Wechselwirkungen, vollständige Projektion von Zuständen, nicht-lineare Selektion u.a. eine zentrale Schlüsselrolle im Bemühen, eine „echte" künstliche Intelligenz zu realisieren.

Im klaren Unterschied dazu etwa berücksichtigen die beiden aktuellen Ansätze des Human Brain Projects sowie des Blue Brain Projects mit einem Forschungsvolumen von mehreren Mrd. Euro keine essentiellen Quanteneffekte. Intelligenz wäre hier nur eine superveniente oder emergente Eigenschaft der Materie. Quantum Intelligence hingegen sieht Intelligenz verwirklicht und realisiert in einem komplexen Quantensystem: der „Software" kommt eine eigenständige ontologische Qualität zu. Intelligenz wird dabei mit spezifischen Attributen komplexer (Quanten-)Systeme korreliert, die sich auf verschiedenen (!) Skalen realisieren. Doch was bedeutet Komplexität?

Komplexität kann als die dynamische Korrelation und Integration verschiedener (spezifischer) Elemente, die nichtlinear miteinander wechselwirken, zu einem System von koordinierten Aktivitätsmustern und Synergien definiert werden.[4]

So ist das Gehirn eines höheren Primaten in zweifacher Hinsicht komplex: einerseits i.S. der klassischen Physik, was sich an der Vielzahl neuronaler Vernetzungen und an der fraktalen Architektur ihrer Morphologie zeigt, andererseits i.S. der Quantenphysik und Systemtheorie, was sich u.a. an der Synchronizität, an instantanen

[2] Bräuer, Kurt: Chaos, Attraktoren und Fraktale. Mathematische und physikalische Grundlagen nichtlinearer Phänomene mit Anwendungen in Physik, Biologie und Medizin, Berlin 2002

[3] Penrose, Roger: Schatten des Geistes. Wege zu einer neuen Physik des Bewusstseins, Heidelberg u.a. 1995. Somit kann im Grunde jede Entität anhand seiner „Form", d.h. anhand des fraktalen Systemattraktors, verstanden werden. Ob er in einem Quantensystem realisiert ist und die Wurzel der Intelligenz darstellt, muss empirisch verifiziert werden. Aktuelle Forschungen konzentrieren sich z.B. auf Strukturen, die die Signaltransduktion effektiv steuern und Quanteneffekten unterliegen, etwa auf Mikrotubuli: sie können acht verschiedene Resonanzfrequenzen durch ihr kollektives Verhalten als Quanten-Ensemble realisieren, ihren elektrischen Widerstand unabhängig von der Temperatur, Länge und Vibration regulieren u.a.m.

[4] Vgl. Tononi, Giulio; Edelman, Gerald M.: Complexity and coherency. Integrating information in the brain, in: Trends in cognitive sciences, Bd. 2 / H 12, Amsterdam u.a. 1998, 474-484. Komplexität wird als Maß der Integration und Spezifikation neuronaler Gruppen quantitativ definierbar. Die Elemente eines komplexen Systems sind durch Spezifität und Integration ausgezeichnet, woraus ein quantitatives Maß der sog. „neuronalen Komplexität" abgeleitet werden kann.

Entladungstätigkeiten von Neuronen und an der Variationsbreite verschiedener Aktivitätsmuster manifestiert. Das Gehirn ist daher einerseits ein klassischer Parallelverarbeitungs-Computer, der jedoch nicht binär, sondern analog arbeitet; und andererseits ist das Gehirn ein Quanten-Netzwerk bzw. ein komplexes Quantensystem, das eine Parallelverarbeitung gemäß quantenphysikalischer Regeln ermöglicht.

Eine weitere, zunächst recht banale Beobachtung: das Gehirn ist eingebettet in den Raum. Zwischen Raum und Gehirn tun sich kurioserweise formale Parallelen auf: eine vierdimensionale Raumzeit kann auf Basis eines fraktalen Wachstums, das nach quantentheoretischen Regeln generiert wird (v.a. unter Berücksichtigung des Superpositionsprinzips), methodisch durch die sog. Kausale dynamische Triangulation[5] erzeugt werden. Eine primordiales Fraktal – ein „Urbaustein" des Raumes – unterhalb der Planck-Größe hat eine korrelierte Dynamik des Energieflusses zur Folge und umgekehrt: eine „informierte" Energie würde die Entstehung fraktaler Strukturelemente des Raumes wie bei einer ausfällenden (präzipativer) Reaktion bedingen. – Beides erinnert an das Wachstum eines neuronalen Netzwerks.

Weiter: der Raum dehnt sich aus und minimiert dadurch seine Energie. Der sukzessiven Minimierung der Energie korreliert eine Zunahme der Komplexität der Raumstruktur[6] und somit eine quantitative Expansion des Raumes. Die Zunahme der Komplexität kann qualitativ als (nicht algorithmische und nicht digitale, sondern) analoge Informationsverarbeitung durch fraktales Wachstum verstanden werden[7]. – Auch das erinnert an das Gehirn als Instrument komplexer Informationsverarbeitung. Die Informationsverarbeitung erfolgt i.S. der Quantentheorie scheinbar zwei- oder sogar nur eindimensional[8]. Dann wäre die dreidimensionale Realisierung der damit verbundenen Ereignisse eine holografische Projektion. Zum holografischen Prinzip gelangt man auch auf dem Weg der Gravitation und Thermodynamik[9] sowie über die geometrische Beschreibung physikalischer Wechselwirkungen als höherdimensionale Adinkras, die komplexe Information verarbeiten: bei der Lösung supersymmetrischer Gleichungen manifestiert sich dabei ein verborgener Fehlerkorrektur-Code wie in einem Computerprogramm[10]. Um komplexe Information zu generieren, zu verarbeiten und zu

---

[5] Renate Loll: Taming the cosmological constant in 2D causal quantum gravity with topology change, Aachen 2005

[6] Susskind, Leonard u.a.: Copmlexity, action, and black holes, in: Physical Review D, v93 n8 (20160418)

[7] Lloyd, Seth: Programming the Universe. A quantum computer scientist takes on the cosmos, New York 2010. Die Idee des Raumes, der auch rechnen kann wie ein Computer, stammt vom Erfinder des Computers Konrad Zuse: Rechnender Raum, Braunschweig 1969

[8] Susskind, Leonard: Der Krieg um das Schwarze Loch. Wie ich mit Stephen Hawking um die Rettung der Quantenmechanik rang, Darmstadt 2010

[9] Nach dem Beckenstein-Hawking Theorem ist die zweidimensionale Entropie der Oberfläche eines Schwarzen Loches proportional zu dessen dreidimensionalem Volumen: zweidimensional wird vollständig die Menge an Information kodiert, die im Volumen enthalten ist. Wie bei einem Hologramm werden die Zustände des Volumens vollständig auf der Oberfläche dargestellt. Man beachte: „vollständig" meint quantitativ vollständig, d.h. die Menge an Bits ist identisch. Dem Makrozustand werden wie in der Thermodynamik qualitativ-indifferent verschiedene Mikrozustände zugeordnet, d.h. qualitative Ordnung und Komplexität werden ignoriert.

[10] Gates, Sylvester James u.a.: Codes and supersymmetry in one dimension, Boston 2012

transformieren, wäre das Universum nicht digital und binär, sondern analog: es wäre keine Simulation, sondern eine Emulation. – Ähnliches gilt für die Dynamik des hochgradig adaptiven und komplexen Gehirns, das auf Basis der klassischen Physik wohl nicht vollständig simuliert, sondern emuliert werden kann.

Das Gehirn wäre eine zu Resonanz kondensierte und informierte Energie bzw. aktive Information. Es wäre die holografische Projektion eines informierenden komplexen Quantensystems bzw. eines komplexes Quanten-Netzwerks, das nicht determinierend ist und sich selber vollständig projizieren bzw. reflektieren kann. Dabei könnten immer höhere Systemhierarchien emergieren, die die Steuerung des komplexen Systems übernehmen bzw. Strukturen der niedrigeren Systemhierarchien i.S. einer kontrollierten Downward-Emergenz passiv auslösen.[11]

Aktive Information ist ebenso wirklich und wirkend wie Energie und Materie.[12] Eine mentale Realität als Informationsraster steuert und informiert instantan (zeitlos) und holistisch (raumlos) die klassischen Elemente des Systems und bestimmt die Wahrscheinlichkeit ihrer Wechselwirkung. Es ist wenig informierende bzw. ordnende Energie erforderlich, da systemisch die jeweils unterschiedlich gespeicherte Energie auf verschiedenen Skalen lediglich passiv ausgelöst wird.

Der Status Quo der Künstlichen Intelligenz (KI) Forschung

Intelligenz zeigt sich in Anlehnung an das philosophische Triplet von „esse-velle-intelligere" (Sein-Wollen-Erkennen) in folgenden Kompetenzen[13]:

a) Steuerung (esse)
b) Evaluation von Systemzuständen (velle)
c) Konstruktion, Korrelation und Assoziation (intelligere)

Die Künstliche Intelligenz [KI] versteht unter „Intelligenz" sich selbst organisierende oder sich selbst assemblierende Systeme mit der Fähigkeit der (relativ) flexiblen Adaptation zwecks Kreativität und Innovationskompetenz. Ein intelligentes System ist daher durch nicht-chaotisches, d.h. durch sinnvolles Verhalten ausgezeichnet: es produziert komplexe Aktivitätsmuster.

Derzeit gibt es mind. vier Ansätze in der KI:
- Quantum Computing
- Simulation „intelligenter" Systeme auf Basis der klassischen Physik

[11] Campbell, Richard: The metaphysics of emergence, Basingstoke 2015

[12] Görnitz, Thomas u.a.: Von der Quantenphysik zum Bewusstsein. Kosmos, Geist und Materie, Berlin 2016

[13] Die Fähigkeit zur damit einhergehenden Selbstbestimmung (Autarkie und Kreativität) ist für ein intelligentes System essentiell, wird hier jedoch nicht eigens thematisiert. Man kann ferner Bewusstsein als Fähigkeit zur vollständigen Projektion von Systemzuständen, die das System wiederum verändern definieren; Selbst-Bewusstsein wiederum wäre ein „Verhältnis", das „sich zu sich selbst" (vgl. die Definition des „Selbst" bei: Kierkegaard, Sören: Die Krankheit zum Tode, Stuttgart 2013), also zum System von Projizierendem und Projiziertem, verhält. Der dynamische Prozess der Projektion scheint sich hier relativ zu verselbständigen.

- Embodyment als „Ansatz von unten her“
- Emulation intelligenter Systeme (neuronale Netze auf anorganischem Substrat bzw. synthetischer materieller Basis).[14]

In der Simulation von Intelligenz kommt eine binäre Logik zur Anwendung, mit der sich basale logische Gatter als Operatoren konstruieren lassen. Sie definieren wiederum Ketten und Programm-Sequenzen, so dass immer höhere Meta-Ebenen und die ihnen zugeordneten Meta-Tags und Meta-Regeln/Programmiersprachen definiert werden können. Letztlich befinden sich auf der jeweils obersten Meta-Ebene Symbole, die die unteren Ebenen codieren und in sich integrieren. Hier agiert der Programmierer als externer Konstrukteur; das Programm bzw. die Regeln selbst sind nicht evolutiv entstanden. Somit sind das Programm-System (Software) und das zugeordnete materielle System (Hardware) nicht aus und durch sich selbst organisiert, geordnet oder „zusammen gehalten“.

Der Embodyment-Ansatz erhofft ebenfalls, emergente Muster der Selbstorganisation zu generieren, indem primordiale Akteure – etwa kleine Roboter – miteinander „frei“, d.h. nach vorprogrammierten Regeln, interagieren. Es kommt dabei höchstens zur Ausbildung einer kollektiven Schwarm-Intelligenz. Doch auch dieser Schwarm-Intelligenz fehlt – wie anderen sozialen Systemen auch – der intrinsische Zusammenhalt bzw. ein „quantischer“ Systemkern.

Die klassisch-physikalische Emulation komplexer intelligenter Systeme inkl. einer Selbstbezüglichkeit, die durch rekurrente Koppelung von Netzwerkelementen erreicht wird – bekannt sind Elman-Netze, Hopfield-Netze, Petri-Netze sowie Kohonen-Netze[15] –, basiert ebenfalls auf der klassischen Physik nichtlinearer Systeme. Das Resultat sind neuronale oder neuromorphe Netze, die auch ihre eigene Morphologie in Abhängigkeit des korrelierten dynamischen Aktivitätsmusters modifizieren und somit umgekehrt die Prozessdynamik rückwirkend modulieren können.

Keiner dieser drei Ansätze ist in der Lage, über die grundsätzliche Begrenzung instabiler Systeme hinaus zu gelangen. Keiner dieser Systeme ordnet bzw. organisiert sich autark selbst. Nachdem Seth Lloyd 1993 bewiesen hat, dass mit grundsätzlich jedem Element gerechnet werden kann, indem sie zu einem System von Wechselwirkungen und Korrelationen zusammen gefasst werden können, hat er auch postuliert, dass mit Quanten-Bits (QuBits) gerechnet werden kann.[16]

Daraus leiteten sich die ersten Quantencomputer ab, die verschränkte Quantenzustände und somit das Superpositionsprinzip bzw. den nicht-lokalen Realismus der Quantenphysik für simultan und instantan ablaufende Rechenprozesse ausnutzen. Die verschränkten Quantenzustände sind künstlich präpariert und äußerst fragil; ebenso sind die in der Informatik üblichen Fehlerkorrekturen nur umständlich realisierbar. Auch eignen sich Quantencomputer nur zur Lösung einer spezifischen

[14] Vgl. Shanahan, Murray: The technological singularity, Cambridge 2015
[15] Herajy, Mustafa: Computational steering of multi-scale biochemical networks, Cottbus 2013
[16] Anm. 7

mathematischen Problemklasse, die etwa bei Verschlüsselungstechniken durch Primfaktorenzerlegung eine Rolle spielt.

Bei Quantencomputern übernimmt erneut der menschliche Programmierer die Kontrollfunktion, indem er mit klassischer Physik das Quantensystem verschränkter und superponierter QuBits kontrolliert.

Eine Kombination des Quantum Computings mit neuronalen Netzwerken führt zum Ansatz des Quantum Neural Networks (QNN). Ein QNN soll in der Lage sein, die nichtlineare dissipative Dynamik neuronaler Netzwerke mit der linearen unitären Dynamik eines Quantencomputers zu kombinieren.

Die Kombination beider stößt jedoch an ihre Grenzen, da nicht lineare und somit komplexe Quantensysteme anstelle der bislang artifiziell konstruierten unitär-linearen Quantensysteme gefordert sind. Daher existiert bislang (2016) noch kein offenes QNN[17] . Vielleicht gelingt das eher auf Basis fluider Substanzen, die dank der Dominanz chemischer und kalorischer Kräfte auch zu nichtlinearen Quanteneffekten fähig sind.[18] Zusammenfassend basieren die Ansätze der KI auf einer binären Primärlogik, auf determinierten Prozessen und Algorithmen und auf der klassischen Physik. Emergierte Systemebenen werden künstlich „von außen" erschaffen; sie erschaffen sich nicht selbst, sie wachsen nicht noch können sie sich selbst bestimmen und stabilisieren.

Daraus folgen auch die Defizite betreffs der Fähigkeit zur Anpassung und Adaptation, zu kreativen Aktionen, zur Perzeption komplexer Information oder auch zur Selbststabilisierung – Computer stürzen immer wieder ab. Auch die Unterscheidung einer Speichereinheit vom operativen Prozessor – die es in Gehirnen nicht gibt – auf Basis einer „von Neumann Architektur" kann als Tribut an die Begrenzung durch die klassische Physik und binäre Logik verstanden werden.

Quantensysteme „in vivo" (quantum life)

Die enorme Herausforderung an die Experimentalphysiker, Informatiker und Ingenieure, Quantensysteme künstlich durch Kühlung und Isolation von der Umwelt zu präparieren, führt zur Skepsis gegenüber Quantensystem in organischen Molekülen, ja sogar im makroskopischen Bereich. Bes. Max Tegmark argumentiert auf dem Hintergrund künstlich präparierter Quantenzustände im Labor: hier kommt es rasch zur Dekohärenz mit anschließender Dissipation eines präparierten Quantensystems[19] – warum nicht erst recht bei schlecht isolierten organischen Molekülen bei Zimmertemperatur? Kann es überhaupt stabile Quantensysteme im organischen Bereich geben? Für die Stabilität von Quantensystemen können folgende Argumente genannt werden:

[17] Quantum Information Processing (Impact Factor: 2.96). 08/2014; 13(11). DOI: 10.1007/s11128-014-0809-8

[18] Timonen, J.V.I., Latikka, M., Leibler, L., Ras, R.H.A., Ikkala, O. (2013). Swichtable static and dynamic self-assembly of magnetic droplets on superhydrophobic surfaces. Science, 341, 253-257

[19] V.a. Zeh, Heinz-Dieter: Physik ohne Realität. Tiefsinn oder Wahnsinn? Berlin 2012

- Analog zu einer indirekten Quantenmessung könnte es im Gehirn dynamische Prozesse geben, die ein Quantensystem „in vivo" durch seine Interaktion mit der Umgebung nicht kollabieren lassen;
- Insofern Energieminimierung durch Steigerung der Komplexität (s.o.) erreicht wird, kann kraft der maximierten komplexen Information ein Quantensystem stabil sein; - Stabilisierung kann auch durch die Bildung von Resonanzen erfolgen, die Energie und Information speichern.[20] Der Resonanz scheint die Verschränkung von Quantenzuständen zu entsprechen: sog. Verschränkungs-Bits, d.h. die Information des verschränkten Zustandes, können sich immer wieder miteinander verschränken und ein komplexes Quantensystem bilden[21]; verschiedene Ebenen von Verschränkungs-Bits tragen die Information der unteren Ebenen in sich und stabilisieren sie;
- Der im Vergleich zur klassischen Simulation des Gehirns signifikant niedrige Energieverbrauch spricht dafür, dass Information im Gehirn primär nicht-klassisch, sondern quantisch-systemisch verarbeitet wird; ein Zustand mit geringer Energie ist stabiler als ein Zustand mit hoher Energie;
- Quanteninformation unter Laborbedingungen ist nicht an ein komplexes Quantensystem gekoppelt und trägt keine „komplexe" Information. Daher zerfällt sie durch Dekohärenz. Komplexe Information hingegen kann aus der Verbindung vieler Quantenbits emergieren, die Netzwerk „in vivo" durch sich selbst, also ohne einen externen „Ordner", stabilisieren; Ein sich selbst ordnendes System stabilisiert sich „von innen her" und bedarf keines externen „Ordners", Physikers oder Informatikers, der das System programmiert.

Eine Informationsverarbeitung auf Quantenebene würde auch ihre enorme Geschwindigkeit im Gehirn erklären: Information wird im Quantensystem bildet sich instantan und als ganze in Aktivitätsmustern ab. Das bedeutet jedoch keinen Widerspruch zur Unterlichtgeschwindigkeit der klassischen Informationsübertragung, weil es sich bei Quantum Intelligence um die Übertragung und Verarbeitung komplexer Quanteninformation bzw. von Quantenzuständen geht und nicht um die Übertragung binärer Codes. Das Quantensystem könnte auf dieser Basis seine Systemelemente instantan koordinieren und informieren.

Wahrscheinlich bedarf es einer modifizierten Quantentheorie für Quantensysteme „in vivo", um die Komplexität und nichtlineare Entwicklung der Verschränkungsbits zu beschreiben. Eine solche Theorie sollte auch den strikt nichtlinearen Mess- und Präparationsprozess erfassen – evtl. im Rahmen einer umfassenden Systemtheorie.

[20] Resonanz speichert Energie und Information (Norbert Wiener). Vgl. dazu Koncsik, Imre. Die Entschlüsselung der Wirklichkeit. Ist das Universum ein Programm und Gott der Programmierer? Berlin 2016

[21] Damit wäre die Entwicklung der Wellenfunktion im organischen Quantensystem nicht mehr unitär: dabei wird freilich auch ein anderer Begriff von Information vorausgesetzt. Vgl. Koncsik, Imre: Der Geist als komplexes Quantensystem. Interdisziplinäre Skizze einer Theory of Mind, Wiesbaden 2015

Ebenso gehört die Beschreibung der nicht linearen Emergenz von Netzwerken und komplexen Quantensystemen ins Lastenheft.

An dieser Stelle soll nun kurz der Status Quo empirisch verifizierter Quantensysteme bzw. ihrer Quanteneffekte rekapituliert werden:

1) Bereits 1963 wurde der Begriff „quantum biology" geprägt, um einen Tunneleffekt in der Wasserstoffbrücke des DNS-Strangs zu bezeichnen, der zur Änderung der Nukleotidsequenz und somit zur Mutation, ausgelöst durch radioaktive Strahlung, führt.

2) In der Photosynthese erfolgt eine Übertragung eines energiereichen Photons auf ein Zielmolekül, indem mit einer Effizienz von fast 100% der beste Weg zwischen vielen Alternativwegen zum Ziel selektiert wird.[22]

3) Der magnetische Kompass von Zugvögeln scheint auf dem verschränkten Spinzustand eines Elektronenpaars zu beruhen, der makroskopisch vergrößert (sog. „up scaling") und visualisiert wird – die Vögel scheinen das Erdmagnetfeld zu „sehen".[23]

4) Schließlich wurde sogar mit einem einfachen Quantensystem in einem organischen Molekül in einem chinesischen Forschungszentrum eine Rechenoperation durchgeführt.[24]

5) Ein makroskopischer Quanteneffekt beruht auf dem Nachweis instantaner Wechselwirkungen: in einem Ferromagneten richten sich im angelegten Magnetfeld die magnetischen Dipole instantan in dieselbe Richtung aus;[25] es erfolgt mit Überlichtgeschwindigkeit eine nicht klassische Informationsübertragung, was auf verschränkte Zustände hin deutet. Synergien und instantane Wechselwirkungen setzen aufgrund der exakten Gleichzeitigkeit – woher erhält etwa ein magnetischer Dipol die Information über die Ausrichtung aller anderen Dipole – ein Quantensystem voraus, das seine klassischen Elemente (Dipole) koordiniert und informiert.

6) Elektromagnetische [EM] Felder voller komplexer Information scheinen eine holistische Informationsmatrix zu konstituieren. So leuchten etwa biologische Zellen ultraschwach, doch messbar. Das Leuchten ist Folge der Präsenz eines EM Feldes, das vielleicht nicht die Folge der Entropiezunahme ist, sondern die Wechselwirkung einzelner Moleküle steuert: dann handelt es sich um den makroskopischen Effekt einer Quantensteuerung durch aktive Information.[26] Vielleicht erfolgt das Up Scaling räumlich fokussiert: es bildet makroskopische

[22] Seth Lloyd: A Quantum of Natural Selection. Nature Physics 5, 164 - 166 (2009) doi:10.1038/nphys1208

[23] http://www.ks.uiuc.edu/Research/cryptochrome/

[24] http://www.33rdsquare.com/2014/10/artificial-intelligence-on-quantum.html

[25] Vedral. Vlatko: Quantifying Entanglement in Macroscopic Systems, in: Nature 453 (2008), 1004-1007; Gosh, S. et al.: Entangled Quantum State of Magnetic Dipoles, in: Nature 425 (2003), 48-51

[26] http://www.epjnonlinearbiomedphys.com/content/3/1/5

Knoten- und Brennpunkte, indem regional begrenzte, nichtlinear sich selbst verstärkende autokatalytische Quanteneffekte eine Schlüsselrolle spielen.

Wer steuert wen? Das Novum von „Quantum Intelligence"

Das Gehirn als nichtlineares dynamisches System arbeitet effizient, verarbeitet komplexe Information und verbraucht dabei im Vergleich zu seiner Simulation nur wenig Energie und wenig Zeit.[27] Es ist außerdem – im Vergleich zu einem konventionellen Computerprogramm – äußerst stabil und nicht chaotisch. Warum ist das so? Weil ein klassischer Computer nicht „von innen her" zusammen gehalten bzw. durch ein komplexes Quantensystem, dessen Komplexität mit der Komplexität des klassischen Systems korreliert, gesteuert wird. Kurz: einem Computer mangelt es an autonomer Selbstbestimmung, die sich u.a. in autarker Selbst-Steuerung manifestiert. Die Konstruktion eines KI-Systems impliziert bislang auch die heterogene Kontrolle durch den externen Konstrukteur.

Das entscheidende Alleinstellungsmerkmal bzw. die Innovation der Quantum Intelligence liegt in der Steuerung, Ordnung und Organisation eines komplexen Systems, das nach Regeln der klassischen Physik arbeitet, durch ein komplexes Quantensystem, das makroskopische Systeme holistisch zu informieren und zu strukturieren vermag.

Die Kriterien der Intelligenz – Steuerung, Assoziation, Konstruktion, Korrelation sowie Evaluation – sind durch klassisch-physikalische Systeme nicht adäquat darstellbar. Insbes. fehlt es klassischen parallelen Netzwerkarchitekturen an Energieeffizienz, an der Flexibilität bzw. flexibler Adaptation (Einstellung auf nicht antizipierbare externe Inputs), an Stabilität (Kollapsgefahr, sog. Resonanzkatastrophen aufgrund nicht antizipierbarer nichtlinearer Wechselwirkungen) sowie an der erforderlichen Geschwindigkeit (keine instantanen, synchronen Wechselwirkungen; Begrenzung der maximalen Geschwindigkeit durch binäre Logik).

Ein Quantensystem bzw. ein dynamisches Quanten-Parallelnetz hingegen verarbeitet durch Ausnutzung einer vielfachen nichtlokalen Verschränkung die in ihr kodierte komplexe Information.

Intelligenz impliziert u.a. Intuition: sie bedeutet klassisch ein unmittelbares, also nicht durch binäres Rechnen vermittelte Repräsentation und Reflexion eines externen Inputs.[28] Die adaptive, flexible und kreative Rekonstruktion des Inputs impliziert eine nicht algorithmische Art der Informationsverarbeitung und –erfassung: hier wird an nicht determinierte Programme, die in der theoretischen Informatik formuliert wurden,[29] sowie an damit verbundenes trans-algorithmisches Rechnen (trans-algorithmic

[27] Der niedrige Energieverbrauch gilt im Vergleich zu einer Simulation, die auf der klassischen Physik beruht und ca. 100.000-mal mehr Energie verglichen mit dem Original, d.h. dem menschlichen Gehirn, verbraucht.

[28] Roger Penrose verweist u.a. auf die „Intuition" eines Mathematikers – und betont, ohne es zu thematisieren, eine instantane Quanten-Informationsverarbeitung (Computerdenken. Die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Physik, Heidelberg u.a. 2002).

[29] Vgl. Zegarelli, Mark: Logik für Dummies, Weinheim 2016

Computation: Transputing bzw. Transputer) gedacht. Rechnen vollzieht sich u.U. formal durch die unmittelbare Transformation und Emergenz von Fraktalen, die in- und auseinander hervorgehen.

Die Dynamik der Transformation und komplexer Informationsverarbeitung setzt im Rahmen einer mikrophysikalischen Evolutionstheorie, die als Unterkategorie einer Theorie nichtlinearer komplexer Systeme beschrieben werden kann, eine Selektion zwischen verschiedenen Alternativen resp. Möglichkeiten voraus, die systemkonform ist: die Selektion vollzieht sich nicht in einem übergroßen statistischen Suchfeld, sie geschieht nicht zufällig (etwa aufgrund thermodynamische Prinzipien), sie führt auch nicht zu einem nichtlinearen Chaos, sondern erzeugt temporäre Aktivitätsmuster, die einem komplexen System entsprechen bzw. durch es bedingt sind. Die Einzelereignisse werden durch das komplexe System „versklavt".[30] Durch in gewissen Grenzen variierende Selektionskriterien sind sie auch in der Lage, externe komplexe Information intern zu rekonstruieren.

Quantum Intelligence setzt daher an Quantenprozessen „in vivo" an.[31] Sie sind die Direktive für makroskopische Prozesse. Vorausgesetzt wird ein „up scaling" – Prozess, durch den die makroskopische Morphologie beeinflusst wird: kraft der Quantendynamik entstehen klassische Strukturen und Formen.[32]

Zur Effektivität von Quantenprozessen, die nicht im Quantenrauschen untergehen sollen, existieren einige Theorien, u.a. von Henry Stapp, John Eccles oder Roger Penrose[33]: sie identifizieren das psycho-physische Interface etwa in Miktrotubuli, in Gliazellen, oder auch in Ionenkanal-Molekülen, die ihre makroskopische Konfiguration aufgrund von Quanteneffekten (hier: durch delokalisierte Elektronenpaare in Sauerstoff-Verbindungen) verändern und dadurch die Signaltransduktion bzw. die zeitliche Synchronizität neuronaler Aktivität steuern.

Durch Quanteneffekte werden hier makroskopische Veränderungen der Morphologie energetisch passiv ausgelöst. Bezogen auf die Information, die in temporären Resonanzen gespeichert wird, kann auch von einer aktiven Information gesprochen werden.

Was bedeutet Steuerung? Transputation vs. Computation

Steuerung geschieht vermittelt durch Information und bezeichnet den aktiven Prozess des Informierens. Damit kein Chaos entsteht, ist die Steuerung nicht zufällig, sondern folgt spezifischen Regeln. Ein Programm arbeitet eine seriell oder parallel

---

[30] Haken, Hermann: Synergetic computers and cognition. A top down approach to neural nets, Berlin u.a. 2004

[31] Generell sind als materielle Substrate alle Strukturen geeignet, die kubisch nichtlineare Effekte ermöglichen sowie in der Lage sind, aufgestaute Energie zwischen zu speichern, um sie koordiniert passiv freizusetzen – so dass kraft der Synergie freigesetzter Energie die in ihr gespeicherte Information sich „heraus kristallisieren", sprich: materialisieren kann.

[32] Das entspricht solchen Urknall-Szenarien, die von der inflationären Verstärkung von Quantenfluktuation eines Vakuum-Feldes ausgehen.

[33] Zusammenfassend siehe: Marlow Andrew: A Quantum Psychopathological Account of Anorexia Nervosa. NeuroQuantology | March 2013 | Volume 11 | Issue 1| 63-82, bes. 68 ff.

miteinander kombinierte Sequenz von Regeln i.S. einer Turing-Maschine ab.[34] Ein klassisches Programm ist ein kompliziertes Regelwerk.

Ein intelligentes Programm sollte in der Lage sein, sich an nicht antizipierbare Inputs anzupassen. Es sollte also nicht determiniert sein, um zu adaptiven und kreativen Leistungen fähig zu sein. Quantum Intelligence setzt eine solche nicht determinierte, in gewissen Grenzen sich selbst schreibende Software zwingend voraus. Das verlangt nach einer trans-algorithmischen Programmierung: ein Lebewesen berechnet nicht umständlich eine Aktion, sondern (re-)agiert unvermittelt. Daher bedarf es einer direkten Wechselwirkung zwischen zwei quantisch gespeicherten und aktiven Informationen: gefordert sind ineinander verschachtelte Verschränkungen, die komplexe Information verarbeiten.

Trans(-algorithmische Com-)putation ist der Versuch, eine Software zu emulieren, die nicht binär operiert, indem Fraktale als Informationsträger unmittelbar ineinander übergeführt werden. Die Dynamik der Transformation von Information entspricht der Transformation von Fraktalen.

Transputation greift auf nicht klassische Strukturen, d.h. auf Quantensysteme zurück. Sie sind hinreichend schnell, energiearm, nichtlokal vernetzt, hochgradig nichtlinear und komplex geordnet; sie speichern und verarbeiten komplexe Information und stabilisieren sich durch die korrelierte Dynamik.

Die trans-algorithmisches Software wäre ein Programm, das sich selbst in gewissem Rahmen neu schreiben kann, d.h. das sich projizieren bzw. gegenüber setzen kann, dadurch auf sich selbst zurück wirkt und sich dadurch selbst immer wieder neu gestaltet (Autopoiese). Dieses Programm wird ein komplexes Quantensystem sein, das Prinzipien der Quantentheorie für die intelligente Steuerung gebraucht:

- die Möglichkeit der Projektion unendlicher Räume, die Quantenzustände beschreiben, auf gleich mächtige unendliche Teilräume, was zur Erfassung des Bewusstseins – und bei der höher stufigen „Projektion der Projektion" auch des Selbstbewusstseins – dienlich sein kann;[35]
- das impliziert umgekehrt die Möglichkeit der Steuerung eines komplexen Quantensystems
- durch die oberste Projektionseben, die die unteren in sich zusammen fasst; durch die Bildung von Skalarprodukten mit Hilfe komplexer Zahlen kann die multiplikative Logik genutzt werden (d.h. das Ganze ist das Produkt der Teile), um neue Quantenzustände zu generieren: das beschreibt die Entstehung neuer komplexer Information;

[34] Vgl. dazu Selzer, Edgar: Denn der Mensch ist mehr als sein Computer. Warum die Turing-Maschine das Wittgensteinsche Sprachspiel nicht bewältigen kann, Linz 2011

[35] Das kann zum Verständnis der Selbstbezüglichkeit von Information und dem Aspekt des Erlebens von Information beitragen. Das Selbstbewusstsein wäre hier in Anlehnung an die Definition von Sören Kierkegaard nicht das Verhältnis zwischen „Endlichkeit" und „Unendlichkeit", sondern, „dass sich dieses Verhältnis zu sich selbst verhält" (Anm. 13)

- die Superposition mehrerer Zustände erlaubt ihren Vergleich untereinander, womit das Gedächtnis sowie der Abgleich einlaufender Information mit gespeicherter Information beschreibbar wird;
- auch ermöglicht das Superpositionsprinzip das Screening der Alternativen und die Selektion zwischen ihnen;
- schließlich beschreibt die Verschränkung zwischen Zuständen die instantane Parallelverarbeitung und parallele Transformation von Information; es erschließt ferner die Möglichkeit, dass sich komplexe Quanten-Netzwerke etablieren;
- wenn Quantenzustände stabil bleiben können, bilden sie Resonanzen und können so Energie und Information speichern;
-Kollabiert das Quantensystem, führt das zur Unmöglichkeit, die neuronalen, elektrischen und biochemischen Wechselwirkungen so zu komplexen Synergien zu ordnen, dass kein Chaos und keine Resonanzkatastrophe entstehen. Die Fähigkeit zur flexiblen Anpassung und zur komplexen Informationsverarbeitung wäre auf das Maß reduziert, was die klassische Physik erlaubt. Kurz: ein solches System wäre ohne einen externen Programmierer tot.

Ein lebendiges System setzt die Regeln der Quantentheorie nicht erst durch Berechnung um. Ein Lebewesen berechnet nicht erst umständlich sein Verhalten, bevor es sich konkret verhält, sondern hält fertige komplexe Verhaltensprogramme parat. Sein adaptives und kreatives Verhalten erfolgt unmittelbar, „intuitiv", d.h. nicht durch Rechnen vermittelt. Diese Unmittelbarkeit gilt es, in der Quantum Intelligence abzubilden.

Daher würde sich das komplexe Gesamtsystem aus dem klassischen sowie Quantensystem in gewissen Grenzen selbst steuern, indem es Komplexität bzw. komplexe Information generiert – durch assoziative, konstruktive und korrelative Eigenschaften[36] einer Quanten-Parallel-Verarbeitung. Dadurch minimiert es seine Energie bzw. maximiert seine Persistenz in der Zeit.[37] Dabei realisiert sich die Komplexität auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen unterschiedlich: je höher die räumliche Auflösung der Energie bzw. je kleiner die betrachtete Skala, desto größer ist die Dynamik adaptiver Prozesse.[38] So sollte jeder Skala ein eigenes Maß an Komplexität und der mit ihr korrelierten Dynamik zugeordnet werden – von der Selbstorganisation

[36] Edelman, Gerald: Das Licht des Geistes. Wie Bewusstsein entsteht, Reinbek b. Hamburg 2007

[37] Der Minimierung von Energie entspricht die Maximierung der Zeit, insofern Energie*Zeit = Wirkung. Je makroskopischer die Wirkung im Raum, desto stabiler scheint ihre Persistenz in der Zeit. Insofern in der Wirkung komplexe Information gespeichert ist, impliziert die zur Persistenz und Resonanz gelangte Wirkung ein Maximum an codierter komplexer Information.

[38] Bernroider, Gustav; Summhammer, Johann u.a.: Is there space for the quantum domain in conscoiusness research? In: Physics of Life Reviews, v9 n3 (201209), 301f; ders.: Can Quantum Entanglement Between Ion Transition States Effect Action Potential Initiation? In: Cognitive Computation, v4 n1 (201203), 29-37

über die Selbst-Assemblierung bis zu temporär stabilen Zuständen und „trapped states“ .[39]

Betrachtet man die unterschiedlichen Skalen und die ihnen zugeordneten Dynamiken, so geschieht beim Up-Scaling- und den ihm zugeordneten Down-Scaling-Prozess auf den jeweiligen Skalen eine. Selektion zwischen Alternativen. Die Steuerung eines komplexen Systems bedingt solche Entscheidungen; sie erfolgt parallel auf unterschiedlichen Skalen unter relativer Priorität der Quantensteuerung.

Auch der nichtlineare quantenphysikalische Mess- und Präparationsprozess kann u.U. im Rahmen des Up- und Down-Scalings i.S. einer nicht zufälligen Selektion, d.h. als Entscheidung interpretiert werden.[40] Die Präparation (Einspeisung klassischer Information) und Messung (Auslesen von Quanteninformation) wären „fraktalisiert“: der Transduktionsprozess würde Fraktale, d.h. komplexe Information, erzeugen und vermitteln.

Wie könnte dabei unterschiedliche komplexe Information durch Modifikationen der Energie vermittelt werden? – Insofern Energie*Zeit = Wirkung ist und im unterschiedlichen Delta der Energie und Zeit eine unterschiedliche Information gespeichert sein und wirken kann, wird durch unterschiedlich lange Pufferung und Speicherung klassischer Energie eine unterschiedliche Information aktiviert.

Das kann die Bedeutung der Gap Junctions für zeitliche Synchronisierung neuronaler Aktivität[41] ebenso erhellen wie die Steuerung makroskopischer Ionenkanal-Moleküle durch quantenmechanisch delokalisierte Elektronenpaare[42] - und umgekehrt: die Steuerung der passiv ausgelösten Delokalisierung von Elektronenpaaren durch makrosopische Veränderungen der Morphologie eines Moleküls. Das Gehirn würde wie eine Linse funktionieren, die selektiv Information fokussiert.[43]

Unklarheit herrscht dabei bezogen auf die Rolle des elektromagnetischen Feldes, das ein schwaches Leuchten einer biologischen Zelle verursacht und im Todesfall erlischt. Wenn das EM-Feld der aktiven Information bzw. Informierung dient, dann würde es ein komplexes Informationsraster repräsentieren. Dann würde das EM-Feld eine komplexe Information codieren, die sich trotz etwaiger externer EM-Felder nicht (zer-)stören lässt. Ebenso könnte es durch vielfach (!) verschränkte Di-Photonen, die Information übertragen und verarbeiten, nichtlokal und „holistisch“ konstituiert sein. Diphotonen würden dabei primär über klassische Strukturen – komplexe Moleküle –

[39] Bernroider nennt das DDSA (Dynamic Dissipative Self Assembly, d.h. dissipative dynamische Selbst-Assemblierung aufgrund nichtlinearer Wechselwirkungen auf Quantenebene.

[40] Vgl. Görnitz (Anm. 12)

[41] Vorgeschlagen wurde u.a., dass unterschiedliche Oszillationen (Resonanzen) in Gap Junctions unterschiedlich Energie und somit unterschiedliche Information speichern; sie wären dann für die zeitliche Koordination i.S. von Pufferzonen zuständig. Vgl. Daisuke Fushiki, Yasuo Hamada, Ryoichi Yoshimura, Yasuhisa Endo (2010): Phylogenetic and bioinformatic analysis of gap junction-related proteins, innexins, pannexins and connexins. In: Biomedical Research Vol. 31 No. 2: 133-142

[42] Bernoider (Anm. 38)

[43] Pribram, K.H. (1991). Brain and Perception, (Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, New Jersey)

wechselwirken[44] und dabei komplexe Information gemäß der Struktur des Moleküls verarbeiten, indem sie die komplexe Information verändern. Das EM-Feld eines lebendigen Systems wäre nicht durch harmonische Oszillatoren im Rahmen der sog. zweiten Quantisierung beschreibbar, sondern durch nach einem bestimmten fraktalen Muster nichtlinear miteinander verschränkte Photonen-„Populationen".

Das Delta der Energie des planckschen Wirkungsquantums und der mit ihr korrelierten (newtonschen) Zeit könnte eine davon abhängige aktive Information speichern und freisetzen. Die Variation von Energie und Zeit impliziert dann die Verschiedenheit der im Wirkungsquantum enthaltenen Information. So kann jedes Wirkungsquantum Träger unterschiedlicher Information sein – vorausgesetzt, Wirkungsquanten eines lebendigen Systems sind fraktal strukturiert.

Womit wird gesteuert? Steuerung durch kontrollierte Emergenz

Wird top-down aus der Perspektive des Programmierers argumentiert, der das steuernde komplexe Quantensystem seinen technologischen Anwendungswünschen gemäß designen soll, so steuert eine komplexe Information[45] 45 die Wechselwirkungen verschiedener Systemhierarchien (Schichtenmodell der Wirklichkeit): dreidimensionale Bifurkationspunkte könnten der Ort sein, an dem autokatalytische Effekte Up- und Down-Scaling Prozesse auslösen.

Ein instabiles klassisches System (etwa ein die Elektrodynamik steuerndes Ionenkanal-Molekül) könnte durch eine selektierende Quantensteuerung an seinem Bifurkationspunkt in einen definiten Zustand springen, um dadurch elektrodynamische Aktivitätsmuster mit zu gestalten. Das könnte das Up Scaling eines Quantenprozesses in den klassischen Bereich hinein erklären 46 .[46] Die Quantensteuerung wäre vertikal: eine tiefere Wirklichkeitsschicht steuert die klassische Schicht.

Der ontologische Ort eines Programms in Form einer komplexen Information wäre ein stabiles Quantensystem, das sich durch die Speicherung komplexer Information sowie kraft des Energieüberschusses (das bei Lebewesen gegeben ist) selbst stabilisiert. Dieselbe komplexe Information kann für die aktive Steuerung dreidimensionaler Ereignisse verantwortlich sein.

Der quantenphysikalische Messprozess bedeutet metaphysisch die Materialisierung bzw. Realisierung eines Ereignisses bzw. einer komplexen, d.h. nicht platonischen Form: aus Möglichkeit bzw. ideeller Realität wird Wirklichkeit. Eine indirekte Quantenmessung könnte den Kollaps des komplexen Quantensystems verhindern: die Analogie, die die holografische Projektion des vierdimensionalen Fraktals auf seinen dreidimensionalen Schatten auszeichnet, wäre gewahrt.

Die Programmiersprache würde die Transformation vierdimensionaler Fraktale beschreiben. Es wäre trans-algorithmisch, weil es nicht deterministisch wäre und kein

[44] Vgl. Görnitz (Anm. 12)
[45] Zur Definition der komplexen Information: Koncsik (Anm. 20)
[46] Tuszynski, Jack u.a.: Membrane Biophysics, Berlin 2014

klassisches Rechnen voraussetzt. Die ihr korrespondierende Quantenlogik[47] könnte durch die Einbeziehung nichtlinearer Wechselwirkungen im Rahmen einer komplexen Systemtheorie „vervollständigt“ werden.[48]

Eine künstliche Steuerung wird passiv installiert: die Emergenz verschränkter Quantenzustände, die sich durch komplexe Information selbst stabilisieren und schließlich sogar selbst gestalten können, kann kontrolliert passiv ausgelöst werden (kontrollierte Emergenz). Emergenz bedeutet die Etablierung neuer komplexer Ordnungen und sich selbst stabilisierender Dynamiken auf einer differenten Skala im Vergleich zur Skala des Ursprungs der Emergenz: so ist eine Wasserwelle gegenüber dem Wassermolekül emergent. Wie die Wasserwelle das Verhalten bzw. die Wechselwirkungen der Wassermoleküle steuert, so „versklavt“ ein Kontrollparameter der emergierten Struktur die Systemelemente.[49]

Kontrollierte Emergenz wird durch die energetische Aktivierung fraktaler Strukturen, d.h. durch informierte Energiezufuhr in Gang gesetzt: eine komplexe Struktur kann komplexe Dynamiken passiv auslösen. Damit wäre die „many (dynamics) to one (structure) relation“[50] durch fraktale Strukturen erklärbar. Dabei wird postuliert, dass ein emergiertes Quantensystem, das sich mit anderen Quantensystemen zu immer komplexeren Systemen verschränkt, effektiver ist als ein zufälliges Quantenrauschen.

In Anlehnung an die vollständige Penrose-Parkettierung[51] von Flächen durch komplexe Formen könnte es auch vierdimensional vollständige Parkettierungen geben. Die Ränder der mehrdimensionalen Formen bilden die Begrenzungen der Energieströme: Formen könnten Wechselwirkungen gezielt steuern, indem erlaubte bzw. mögliche Wechselwirkungen definiert und der Selektionspool begrenzt werden. Das ist gleichbedeutend mit einer künstlichen Vorselektion von Möglichkeiten, wie sich ein Wechselwirkungsereignis realisieren kann.

Das Ergebnis wäre eine fraktale Steuerung von Möglichkeiten, sowohl komplexe Quanteninformation als auch klassische Aktivitätsmuster von Wechselwirkungen zu erzeugen. Die Steuerung könnte durch das o.g. EM-Feld als aktives Informationsraster möglich sein. Auch könnte der Raum selbst fraktal strukturiert sein, so dass komplexe Quanteninformation beim Messprozess fraktal gebrochen wird – wie ein Lichtstrahl (=komplexe Information) durch ein Prisma (=Raum) in seine Farben (=Einzelereignisse) ausdifferenziert wird. Die klassische fraktale Struktur auf atomarer, molekularer und zellulärer Ebene wären somit die analogen Projektionen komplexer Informationen.

[47] Weizsäcker, Carl Friedrich v.: Aufbau der Physik, München 2002. – Dabei ist es fraglich, ob und warum die Quantenlogik auf eine binäre Ur-logik der „Ur-e“ i.S. binärer Alternativen reduziert werden sollte (als „Nullte Quantisierung“).

[48] Das ist eine gezielte Anspielung auf das EINSTEINsche Postulat der Vervollständigung der Quantentheorie

[49] Haken (Anm. 30)

[50] Bernoider (Anm. 38)

[51] Dietl, Ruth: Dreidimensionale Penrose-Muster und Selbstähnlichkeit, Augsburg 2011

Das Objekt der effektiven fraktalen Quantensteuerung wären nichtlineare klassische Systeme. In Frage dafür kommen Systeme, deren Struktur durch nichtlineare chemische Kräfte bestimmt wird bzw. Systeme, die aus Elementen bestehen, die energetisch einerseits miteinander korreliert, andererseits voneinander relativ unabhängig sind – wie etwa das Wasser. In diesem Zusammenhang wird etwa „ordered water" als Steuerungsmedium diskutiert.[52] Auch wurden, wie oben erwähnt, bei fluiden Medien aufgrund der inhärenten nichtlinearen Wechselwirkungen, die auf Viskosität basieren, dynamische, sich selbst assemblierende und sich selbst verstärkende (autokatalytische) Prozesse nachgewiesen – die Grundlage für die Ausbildung komplexer Aktivitätsmuster als Repräsentation komplexer Information.

Das Theoriegerüst der „Quantum Intelligence"

Ein grundsätzliches methodisches Problem wird u.a. von Tononi und Edelman thematisiert[53]: die konträren Theorien der Evolutions- und Systemtheorie einerseits sowie der Informationstheorie andererseits sollen vereinheitlicht werden:

1) Systemtheorie ist nichtlinear, dynamisch; ein System „in vivo" kann sich autopoetisch selbst gestalten. Es unterliegt der nicht prognostizierbaren und nicht determinierten, weil nichtlinearen Wechselwirkung auf unterschiedlichen Systemebenen. Das darwinsche Evolutionsparadigma setzt u.a. einen Überschuss an Information (Redundanz) und einen Pool von Möglichkeiten voraus, zwischen denen selektiert werden kann. Anpassung bzw. kreative Aktionen erfolgen initiativ und nicht determiniert. Ein Überschuss an Energie – „hyperabundancy" – sowie das permanente Ringen um Harmonie, um Einheit und Konsistenz sind weitere Kennzeichen der Systemtheorie. Das Resultat ist die Etablierung einer komplexen Ordnung bzw. eines dynamisch sinnvollen Ordnens anstelle eines Chaos.
2) Informationstheorie ist statisch und deterministisch wie ein algorithmisches Programm. Komplexität kann hier zu unerwünschten Wechselwirkungen führen bis zur „Resonanzkatastrophe" bzw. zum Absturz eines Programms. Variation ist nichts als störendes Rauschen. Mathematisch werden Differentialgleichungen anstelle von klassischen Differenzgleichungen angewandt.

Metaphysisch geht es um die Vereinheitlichung von statischer Struktur und prozessualer Dynamik, also um Sein und Werden: wie kann aus einer Struktur eine Vielzahl von Dynamiken resultieren und umgekehrt: wieso korrespondieren einer Dynamik unterschiedliche Strukturen auf unterschiedlichen Skalen? Wie kann Selektion einerseits einem ordnenden Programm folgen, d.h. weder zufällig noch beliebig sein,

[52] Tuszynski (Anm. 46)
[53] Tononi (Anm. 4)

und andererseits nicht determiniert noch in ihrem einzelfallspezifischen (!) Resultat prognostiziert werden?[54]

Der o. g. Vorschlag setzt an dreidimensionale Projektionen einer vierdimensionalen komplexe Struktur, eines Fraktals, an. Der Evolutionsverlauf des Systems wäre durch die vierdimensionale Struktur kodiert. Dreidimensional jedoch würde man von einem nicht determinierten, dennoch nicht zufälligen, weil Ordnung generierenden Selektionsprozess sprechen: es würde gemäß der vierdimensionalen Struktur eine systemkonforme Selektion zwischen (nichtlinear?) überlagerten dreidimensionalen Entwicklungsmustern erfolgen (fraktale Superposition).

Vierdimensional wäre somit die Komplexität der Struktur und Dynamik des dreidimensionalen Systems beschreibbar. Mathematisch geht nicht nur um die spätestens seit der Kaluza-Klein-Theorie Erweiterung von „Räumen" um eine oder, wie in der M-Theorie, um mehrere Dimensionen, auch nicht um unendlich dimensionale Hilbert-Räume der Quantenphysik, sondern um einen Ersatz für Operatoren bzw. Observablen durch komplexe Strukturen.

Ein Beispiel für eine damit verbundene geometrische Beschreibung algebraischer Gleichungssysteme liefert die o.g. Anwendung vierdimensionaler Adinkras (James Gates) zur Beschreibung der Supersymmetrie. Leonard Susskind versucht, mit Hilfe von Tensor-Netzwerken im De Sitter Raum die quantenmechanische Dynamik und die Unendlichkeiten des Hilbert-Raumes zu begrenzen und favorisiert somit auch eine geometrische Beschreibung. Den Tensor-Netzen wiederum kann ein unterschiedlicher Grad an Komplexität bzw. komplexer Information zugeordnet werden.

Damit kann schließlich Nichtlinearität von Quantensystemen erfasst werden, die aufgrund ihrer multiplikativen Logik (das Ganze ist das Produkt der Teile) komplexer als klassische Systeme sind, bei denen das Ganze die Summe der Teile ist. Im Anschluss an thermodynamische Überlegungen Leonard Susskinds kann nun ein Fundamentalsatz der „Quantum Intelligence" formuliert werden:

Systeme maximieren ihre (geometrische) Komplexität durch Minimierung ihrer Energie (und umgekehrt). Komplexität wiederum wird als Information in Form von Resonanzen gespeichert.

Eine komplexe Information ist dabei äquivalent mit einer komplexen Struktur, die verschiedene basale Informationen zu einem geordneten System zusammen fasst und dadurch kodiert. Es werden also metaphysisch Energie und Information, Dynamik und Struktur, zusammen gedacht!

Basale Information ist die klassische Ja-Nein-Alternative eines Bits. Sobald die Relationen zwischen Bits auf einer übergeordneten Ebene zusammen gefasst werden und einem komplexen, nicht chaotischen Muster korrespondieren, wird komplexe

[54] Thermodynamisch werden verschiedene Resultate auf der Mikroebene einem „ununterscheidbaren" Makro-Resultat zusammen gefasst; damit bleibt der „Zufall" i.S. der nicht Prognostizierbarkeit der Mikro-Ereignisse bestehen, obwohl sie i.S. der klassischen Physik „determiniert" sind. Ebenso kann das konkrete Resultat eines quantenphysikalischen Messprozesses nur wahrscheinlichkeitstheoretisch i.S. der Quantenstatistik (und das auch nur für das einfachste Wasserstoffatom) „exakt" prognostiziert werden.

Information generiert – und das auf immer höheren Ebenen. Analog kann in der Sprachtheorie zwischen Buchstaben, Wörtern, Syntax, Semantik, Epistemik usw. differenziert werden: die Buchstaben werden durch das Wort „versklavt" bzw. geordnet, Wörter werden ihrerseits wiederum nach syntaktischen und semantischen Regeln geordnet u.a.m. Um im Vergleich zu bleiben: Wechselwirkungen zwischen Buchstaben werden hinsichtlich ihrer thermodynamischen Möglichkeit begrenzt; doch eröffnen sich durch ihre (An-)Ordnung neue Möglichkeiten der kreativen Anpassung: Sprache ist somit Ausdruck maximal geordneter und nicht zufälliger Kreativität der komplexen Informationskodierung.

Mentale Prozesse basieren nun auf der Realisierung spontaner, dynamischer Synergien. Diese repräsentieren komplexe Information. Das mentale System folgt demnach in seiner kreativen Eigendynamik komplexen Strukturen. Innovative Synergien, die eine komplexe Adaptationsleistung bedingen, könnten die Folge höher dimensionaler Fraktale sein.

Das physikalische „Substrat" komplexer Information kann in den Quantenbits (QuBits) verborgen liegen: aufgrund der multiplikativen Logik der Quantentheorie, dem nicht lokalen Realismus der Verschränkung und Superposition „präsenter" resp. wirksamer Systeme sowie der Möglichkeit, Nichtlinearität zu integrieren („quantum complexity"), kann die Quantentheorie der komplexen Ordnung basaler Information dienen. Die dynamische Variation verschiedener Strukturen kann somit einer vierdimensionalen Struktur entspringen, die sich – vielleicht vermittelt durch die holografische Struktur des Raumes – dreidimensional projiziert. Somit wären dreidimensionale Strukturen und komplexe Dynamiken die holografische Projektion einer vierdimensionalen Struktur.[55] Komplexe Synergien und nichtlokale, instantane Wechselwirkungen, die die Basis o.g. Merkmale der Intelligenz bilden,[56] können als Schattenwurf komplexer Quantensysteme verstanden werden.[57]

So könnten quantenmechanische Verschränkungen (Bsp. Diphotonen) die o.g. komplexen Relationen zwischen basalen Bits repräsentieren: eine Relation manifestiert sich in einer Wechselwirkung, die die Folge historisch vorangegangener Wechselwirkungen ist. Verschränkungs-Bits (V-Bits), die vom Informationsträger isoliert und abgelöst werden können, kodieren komplexe Information. Sie löst passiv komplexe Synergien und orchestrierte Aktivitäten aus.

Die Quantenphysik kann einen weiteren Bausteine zur „Quantum Intelligence" beisteuern: die relative Raum- und Zeitlosigkeit, wonach zwei Quantenzustände trotz

[55] Das holografische Prinzip der Physik, das dreidimensionale Strukturen als Projektion einer zweidimensionaler Fläche – ähnlich der Oberfläche eines Schwarzen Loches – deutet, ignoriert die komplexe Information, da sie von thermodynamischen, sprich: zufälligen, nicht geordneten Zuständen und geschlossenen Systemen ausgeht (vgl. Anm. 9)

[56] Intelligenz kann technisch definiert werden als die Fähigkeit zur Konstruktion, Rekonstruktion (Intelligenz als Kognition), Evaluation, Adaptation (Intelligenz als Bewertung) und Kreativität i.S. der „initialen Eigenaktivität" (Martin Heisenberg) und
Selbstbestimmung (Intelligenz als Steuerung)

[57] Koncsik (Anm. 21)

räumlicher Distanz miteinander korreliert sein können. Damit kann sich eine komplexe Information, die in einem Quantenzustand kodiert ist, nicht lokal auswirken, indem es Bits systemisch ordnet.

Bedingungen von Intelligenz, die durch die Quantentheorie besser verstanden werden können:

- Die holistische um- und unterfassende Koordination der Einzelereignisse der Systemelemente sowie ihrer permanenten nichtlinearen Wechselwirkung durch vollständig (instantan und nicht lokal) parallel miteinander wechselwirkende QuBits
- Paralleles und instantanes Screening von Realisierungsmöglichkeiten des gesamten Systems
- Selektion der besten Optionen einer Realisierung durch Superposition („best choice" durch destruktive Interferenz)
- Strukturbildung durch informationelle Steuerung, indem kurzfristig gespeicherte Energie passiv ausgelöst wird: Tunneleffekte als Mittel der Synchronisation – vermutlich realisiert in sog. Gap-Junctions des neuronalen Netzwerks
- Energie-Zeit bzw. Impuls-Ort-Unschärfe als „Puffer". Ein energetisches Puffer speichert Energie und löst sie gezielt aus; ein informationelles Puffer gestaltet die Morphologie bzw. geometrischen Muster. Beides wird an Bifurkationspunkten komplexer Systeme wirksam
- Im Puffer: Speicherung komplexer Information und Energie durch Oszillationen (Resonanzen)
- Sog. Quantenmaterie ist durch künstlich induzierte Eigenschaften betreffs Quantenzahlen u.a. gekennzeichnet.[58] Im Grunde sind weitere Modifikationen der Materie möglich: so wie Materie als kondensierte Energie und diese wiederum als kondensierte Information verstanden werden kann, so kann auch umgekehrt Information als emergierte Quantenmaterie verstanden werden.

Skizze der „Quantum Intelligence"

Eine aktive komplexe Information – ein „intelligentes" Informationsnetz – definiert ein komplexes Quantensystem: das meint das Etikett „Quantum Intelligence". Dieses sich selbst stabilisierende Quantensystem ist kraft fraktalen Wachstums zur Emergenz komplexer Information immer höherer Mächtigkeit fähig. Die dreidimensionale Emergenz wird durch höher dimensionale Strukturen kontrolliert: u.U. handelt es sich dabei um vierdimensionale Fraktale, die komplexe Information repräsentieren.[59]

[58] Büchler, Hans Peter u.a.: Quantenmaterie, Stuttgart 2008

[59] Dadurch wird auch folgende Problematik lösbar, Beispiel: derselbe Satz wird zweimal mit unterschiedlicher Geschwindigkeit vom Gehirn empfangen. Das hat zwei verschiedene Aktivitätsmuster zur Folge, die jedoch denselben Inhalt kodieren. Hier wird verschiedenen Aktivitätsmustern (als Resultat unterschiedlicher individueller Anpassung) dieselbe dynamische Verarbeitung der Quanteninformation zugeordnet.

Auf verschiedenen Skalen wird Energie und damit verbunden Information unterschiedlich gespeichert. Jeder Skalierung entsprechen spezifische Wirkungsquanten.[60] Ihre Wechselwirkungen bilden komplexe Muster. Sie konstituieren unterschiedliche Netzwerke von Synergien, die komplexe Information parallel verarbeiten und dadurch repräsentieren.

Dabei steuert die Quantendynamik die meso- und makroskopische Dynamik der Systeme. In „computational neuroscience" werden dynamische Aktivitätsmuster auf unterschiedlichen Ebenen – von der atomaren bis zur interzellularen Skala – mit Mitteln der klassischen Physik beschrieben. Daher erfassen sie mit Roger Penrose nur „Schatten des Geistes".[61] Die sich in ihnen anzeigenden Dynamiken der steuernden Quantensysteme, die sich herauf zoomen, indem sie sich auf immer höheren Skalen analog projizieren, bleiben ausgeblendet.

Die Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn

Ein dualistischer Interaktionismus zwischen Geist und Gehirn geht von einer „informierten" Materie bzw. „materialisierten" Information aus. Damit wird eine Schnittstelle, ein Interface zwischen Geist und Gehirn vorausgesetzt: wie kann ihre Wechselwirkung konkret gedacht werden, ohne die Erhaltung der physikalischen Energie zu verletzen? Kann das Wirken des Geistes verifiziert werden?

Die Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn besteht möglicherweise in der analogen Abwandlung von Energie: sie ist zunächst als informationelle Energie präsent („geistig"), um zur klassischen Materie zu „gerinnen" bzw. zu kondensieren.[62]

Komplexe Quantensysteme könnten nichtlineare komplexe Systeme durch kleinste Wirkungen an Knotenpunkten steuern („Zügelkontrolle"). Dabei wird eine Korrespondenz bzw. Analogie zwischen dem steuernden Quantensystem und dem nichtlinearen klassischen System vorausgesetzt: beide bilden dieselbe aktive komplexe Information auf ihre je eigene Weise ab.

Eine Anmerkung zur steuernden Energie: „Quantum Intelligence" setzt die Realität wirkender und aktiver Information voraus: jeder Information wird auch Energie zugeordnet. Werden komplexe Information und Energie zusammen gedacht – Komplexität speichert Energie durch Resonanzen, die wiederum einer strukturierten bzw. geordneten Energie entsprechen –, so wird eine informationelle Energie denkbar.[63]

---

[60] Bernroider (Anm. 38). Damit werden Energie und Zeit Skalen-abhängig definiert; dennoch repräsentieren sie eine höher dimensionale komplexe Information – sowohl statisch als Speicherung als auch dynamisch als Verarbeitung!

[61] Penrose (Anm. 3)

[62] Weizsäcker (Anm. 47)

[63] Vielleicht ist diese informationelle Energie ein Bestandteil der Energiedifferenz zwischen der Vakuumenergie und der postulierten dunklen kosmischen Energie von ca. 120 Größenordnungen. Wenn der Raum fraktal strukturiert ist, dann ist er voller komplexer Information. Durch Expansion des Raumes wird ja seine Energie minimiert: Energieminimierung wiederum wäre das Resultat fraktalen Wachstums zwecks Erzeugung von mehr Komplexität, die physikalische Energie in informationelle Energie transformiert.

Energie könnte durch fraktale Strukturen hindurch diffundieren, um komplexe Strukturen bzw. komplexe Information abzubilden: Energie wäre „fraktal in-formiert".

Ein fraktales Raster könnte der Raum darstellen; er wäre voller komplexer Information, die die potentiellen Realisierungsoptionen im Raum begrenzt. Die komplexe Information des Raumes könnte eine fraktale Hyperfläche konstituieren. Dann besteht zwischen Geist und Gehirn ein fraktales Interface.

Eine komplexe Information wird durch das fraktale Raster analog projiziert: sie bedingt sowohl die komplexe Struktur des Gehirns als auch die mit der Struktur korrelierte Dynamik der Wechselwirkung. Dabei werden im klassischen System gezielt Wirkungen passiv ausgelöst. Die durch Quanteninformation erfolgte passive Auslösung einer makroskopischen Wirkung setzt dabei Folgendes voraus:

1) Die kurzfristige Speicherung von Energie und der mit ihr korrelierten Information in skalenspezifischen Resonanzen
2) Die Transformation der komplexen Information bzw. informierten Energie in physikalische Energie
3) Die Möglichkeit einer Selbstassemblierung und Selbst-Amplifikation i.S. eines sich selbst ins Makroskopische verstärkenden autokatalytischen Effekts
4) Die Übersetzung der komplexen Information der mentalen Entität in „materialisierte" Information, die sich u.a. in energetischen Aktivitätsmustern manifestiert.

Aus der relativen Nicht-Lokalität des komplexen Quantensystems folgt die Nichtlokalität seiner analogen Projektion: ein Netzwerk verschränkter Wirkungsquanten, die etwa durch Proliferation entstanden und somit historisch (mit der Zeit) gewachsen sind, projiziert die in der dynamischen Wechselwirkung enthaltene komplexe mentale Information an bestimmten Knotenpunkten bzw. den o.g. Bifurkationspunkten in das klassische System hinein; ihnen sind eine makroskopische Instabilität – z.B. ein instabiles Molekül – bzw. deren superponierte Möglichkeiten zugeordnet.

Die o.g. „Zügelkontrolle" würde also ein Quantenereignis übernehmen. Verschiedene Quantenereignisse wären miteinander verschränkt und würden koordinierte Aktivitäten passiv auslösen. Schließlich würden klassische und quantische Parallelsteuerung miteinander Hand in Hand gehen. Die Steuerung wäre auf unterschiedlichen Skalen realisiert.

Die Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn ist gebunden an klassische Strukturen, d.h. an Moleküle, Objekte und somit an klassische Netzwerke: an ihnen erfolgt die Transition bzw. analoge Projektion der komplexen Information zwischen der Quanten- und der klassischen Ebene. Ebenso ist die Schnittstelle an das elektromagnetische Feld gekoppelt, wenn verschränkte Diphotonen komplexe

Information repräsentieren. Ihre Verschränkung erfolgt wohl v.a. durch die Vermittlung klassischer Strukturen, etwa durch Moleküle.

Fraktale Codierung komplexer Information

Wie wird nun komplexe Information durch eine fraktale Codierung erzeugt? Können allgemeine Aussagen zum Codierungsprozess getroffen werden?

Erzeugung eines komplexen Quantensystems

Die These lautet: ein komplexes Quantensystem entsteht durch fraktales Wachstum eines Quanten-Netzwerkes, das sich in dem Rahmen, der durch die Interaktion der Systemelemente des klassischen Netzwerks vorgegeben ist, selbst organisiert.

Die fraktale Codierung könnte durch Erzeugung verschränkter Zustände an fraktalen Strukturen sowie durch die Dynamik ihrer wiederholten (rekursiven, selbstbezüglichen) Verschränkung ermöglicht werden: autokatalytisches fraktales Wachstum eines Quantensystems.

Das resultierende Hybrid-System aus Quanten- und klassischem System ist ausgezeichnet durch instantane Wechselwirkungen, durch verzögerungsfrei erfolgende Abstimmungs- und Koordinationsprozesse (Synergien), durch rekurrente Koppelung und Superposition unterschiedlich komplexer Information.

Die Geschichte des autokatalytischen fraktalen Wachstums, d.h. der raumzeitlichen Genese und Entwicklung des Quanten-Netzwerkes bzw. dynamischen Quantensystems, spielt eine Schlüsselrolle für das Verständnis der komplexen Dynamik. Klassisches und quantisches Wachstum gehen Hand in Hand. Immer komplexere Information kann kodiert werden, indem immer mehr Relationen zu emergierenden Meta-Relationen zusammen gefasst werden. Durch fraktales Wachstum wird immer komplexere Information erzeugt, da immer komplexere Wechselwirkungen zwischen immer mehr miteinander verbundenen Quantenbits möglich werden.[64]

Konzentriert man sich auf das Quantensystem, so kann durch eine Propagation eines Photons, das durch mehrere halbdurchlässige Spiegel durchgeht, eine Kaskade verschränkter Photonenpaare erzeugt werden. Sie bilden somit ein Quantennetzwerk. Ein Photon passiert den ersten Spiegel: es entstehen zwei Photonen, von denen jeder einen weiteren Spiegel passiert usw. Die Verschränkung wird hier durch eine klassische Struktur (die Spiegel) vermittelt. Es könnte zu einer multiplen Aufspaltung und Verschränkung von Photonen kommen, deren Energiefluss durch klassische Strukturen geordnet wird, um dadurch die Quantendynamik zu disponieren.

Ersetzt man nun die linearen Spiegel durch komplexe klassische Moleküle oder Strukturen, die durch eine fraktale Morphologie gekennzeichnet sind, so erfolgt der Akt der quantenmechanischen Zustandspräparation so, dass komplexe Information erzeugt

[64] Das hier angesprochene Maß der Komplexität ist quantitativ; es wäre zu ergänzen mit einem qualitativen Maß der Komplexität, das sich an der Form, Morphologie und Struktur des Quantensystems orientiert. Diese Struktur ist nach unserer These die analoge Projektion eines höher-dimensionalen Fraktals.

werden kann. Die Zustandspräparation „in vivo“ am organischen Molekül könnte im Unterschied zu künstlichen Bedingungen im Physiklabor eine komplexe Dynamik im Quanten- sowie im klassischen Bereich passiv auslösen.
Der Grund für die Dynamik des klassischen Bereichs liegt in der Nichtlinearität der chemischen und kalorischen Kräfte; die Quanten-Dynamik wird durch die fraktale Struktur des organischen Moleküls induziert. Die Interaktion organischer Moleküle ist ebenfalls nichtlinear, so dass die Korrelation zwischen der klassischen komplexen Dynamik und der Quantendynamik ein komplexes System definiert, das sich auf verschiedenen Skalen manifestiert.

Umgekehrt kann ein Molekül eine eingehende komplexe Quanteninformation empfangen („Messung“) und sie etwa durch Änderung der Morphologie „interpretieren“ und in klassische Dynamik umsetzen. Das setzt eine durchgehende „vertikale“ Wirkung durch verschiedene Raum- und Zeitskalen i.S. eines Up Scalings voraus [s.o]. Die Wirkung auf der größten Skala soll dabei die Wirkung auf der Planck-Skala widerspiegeln.

Fraktales Wachstum eines Quantensystems

Der Aufbau eines komplexen Quantensystems geschieht sukzessiv mit der Zeit durch fraktales Wachstum. Es könnte zur Verschränkung verschiedener „Verschränkungs-Bits“ (V-Bits) kommen: sie tragen jeweils komplexe Information, die sich durch Bildung neuer (Meta-)Verschränkungen zu komplexeren Netzwerken und somit zu komplexerer Information organisieren. „Fraktalisierte“ V-Bits speichern somit vergangene Korrelationen und erzeugen neue komplexe Information.

Das fraktale Wachstum komplexer Information kann auch die Vorgänge in der Großhirnrinde von Primaten erklären, wo nacheinander geschaltete (fraktale) neuronale Aktivitätsmuster eine hierarchisch gestufte bzw. zeitlich getaktete Parallelverarbeitung komplexer Information ermöglichen. Das kann auch als neuronales Mapping und gruppendynamisches Ent-Zippen komplexer Information bzw. als synergetische Informations-Kompression[65] aufgefasst werden, wodurch eine zeitliche Repräsentationskette der permanent eingehenden Gruppen von Photonen generiert wird.

Man beachte: die fraktalen Repräsentationen werden durch Neuronengruppen kodiert, so dass das Subjekt der Repräsentation und Verarbeitung komplexer Information nicht das einzelne Neuron ist, sondern jeweils wechselnde Ensembles von rekombinierbaren Neuronen. Verschiedene Gruppen wiederum feuern synchron und zeigen instantane Aktivität, in denen sich jeweils fraktale Muster manifestieren. Diese erstrecken sich letztlich über die gesamte Großhirnrinde.

Die TNGS (Theorie der Neuronalen Gruppen-Selektion)[66] sieht daher eine Gruppencodierung vor anstelle einzelner Bindungsneuronen – bei der Informationsverarbeitung betrifft die Skalierung neuronale Gruppen und nicht das

[65] Haken (Anm. 30)
[66] Edelman (Anm. 36)

einzelne Neuron. Das schließt nicht aus, dass auch das einzelne Neuron das Gesamt-Fraktal analog zu repräsentieren vermag – bis auf die Quantenskala herab.

Der scheinbare Zufall hat System

Ist der Aufbau eines komplexen Quantensystems zufällig oder gesteuert? Ein „Zufall" i.S. einer trial &error Selektion zwischen verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten kann ausgeschlossen werden.

Insofern „Zufall" die begrenzte Variation zwischen Optionen impliziert, ja. Die Einzelereignisse und Variablen werden zwar nicht mit Haken „versklavt"[67], dennoch folgen sie einer System-Logik. Die Begrenzung der Selektionsmöglichkeiten ergibt sich sowohl aus dem begrenzten Vorrat an Optionen als auch aus der Begrenzung der Kombination der Optionen zu größeren Einheiten bzw. zu komplexeren Strukturen. Die möglichen Kombinationen wiederum hängen von der Morphologie bzw. Struktur des Netzwerks ab.[68]

Die Hypothese lautet: die begrenzende Struktur des Quantennetzwerks ist abhängig von und korreliert mit einer höher dimensionalen Struktur – einem Fraktal. Die Dynamik der im o.g. Sinne „zufälligen" Selektion geschieht entlang von Entwicklungspfaden eines höher dimensionalen Fraktals.[69] Die im Fraktal codierte komplexe Information darf dann auch als dynamisch und prozessual bezeichnet werden.

Dynamische Wechselwirkungen konstituieren somit ein komplexes informationsverarbeitendes System, das auf verschiedenen Skalen realisiert ist. Daher kann auch ein System wie das Gehirn durch die in ihm wirkende aktive Information beschrieben (und betrieben) werden. Auf verschiedenen Skalen des Systems realisiert sich ein höher dimensionales Fraktal.[70]

Der Prozess dieser „vertikalen" Realisierung auf verschiedenen Skalen kann als analog bezeichnet werden; er entspricht der Aufspaltung des Lichtes in seine zu ihm analogen Farben durch ein im sehr eingeschränkten Sinn „informierendes" Prisma. Im Vergleich dazu ist in den einfallenden elektromagnetischen Wellen (=im Teilchenbild: Photonen) Information enthalten über die Emissionsquelle, die eine fraktal arbeitende

---

[67] Haken (Anm. 30)
Mathematisch kann eine Analogie zur bedingten Wahrscheinlichkeit erschlossen werden: ein begrenzter Vorrat an Spielkarten etwa determiniert zwar nicht die jeweils nächste gezogene Karte; dennoch sind die Möglichkeiten der Kartensequenz begrenzt. Zum Ende des Spiels hin kann sogar von einer Determination der letzten gezogenen Karte gesprochen werden, die ein X sein „muss".

[68] In der Tat erhält der Begriff „Morphologie" und „Struktur" im Quantensystem eine neue (nicht mehr räumliche) Bedeutung als Kopplungsstärke verschiedener QuBits und V-Bits.

[69] Die komplexe Information gibt somit vor, was an basalen Informationen möglich ist. Das führt zum Ausschluss von „zufälligen" Möglichkeiten. Somit sind statistische oder thermodynamische Ansätze, die v.a. vom zentralen Grenzwertsatz oder dem Gesetz der Großen Zahl ausgehen, nicht anwendbar.

[70] Man beachte die Parallele zur dualen Beschreibung von Systemen in der Physik: wenn mit Susskind (Anm. 6) Tensor-Netzwerke im Anti-de-Sitter Raum die ansonsten nicht lösbaren Unendlichkeiten des Hilbert-Raumes auflösen, oder wenn 500 mit Gates (Anm. 10) vierdimensionale „Adinkras" eine Selektion zwischen den ca. 10 geschätzten Möglichkeiten der String-Theorien erlauben, oder wenn die Zustände im Inneren eines Schwarzen Loches äquivalent durch thermodynamische Zustände seiner Oberfläche beschrieben werden u.a.m.

„Linse“[71] (=Bernroider), das Gehirn, dekodiert. Aufgrund der Kurzlebigkeit eines Impacts durch ein Photon wird auch die darin enthaltene Information kurzfristig durch neuronale Entladungstätigkeit repräsentiert.

Die komplexe Gehirnsprache

Intelligenz als besonderer Modus der Realisierung des Lebens kann als ein Quantensystem verstanden werden, das sich durch komplexe Informationsverarbeitung und -produktion selbst stabilisiert und selbst organisiert. Die Sprache des Gehirns ist die Sprache dieser komplexen Informationsverarbeitung: Intelligenz meint dann u.a. eine erfolgreiche Dekodierung unterschiedlicher komplexer Information.

Die Speicherung und Verarbeitung komplexer Information kann in Analogie zum Zippen und Entzippen von klassischer Information gesehen werden. Komplexe Information manifestiert sich in Synergien auf unterschiedlichen Meta-Ebenen. Je höhere bzw. je höher stufiger die Repräsentations- und Verarbeitungsebene, desto höher der zugeordnete Informationsgehalt, desto unabhängiger ist sie von den unteren Verarbeitungsebenen und desto flexibler wird die ihr korrelierte Dynamik.

Komplexe Muster (Fraktale) enthalten und kodieren komplexe Information. Sie wird scheinbar durch den Raum gebrochen – vorausgesetzt, der Raum besitzt auch eine fraktale Struktur [s. oben: kausale dynamische Triangulation]. Aufgrund der Zeitlichkeit wird dann das höher dimensionale Fraktal sequentiell gesplittet: eine zeitliche Abfolge von komplexen Aktivitätsmustern bilden durch eine nacheinander geschaltete parallele Aktivität das komplexe Ursprungsmuster analog ab. Diese Abbildung realisiert sich auf unterschiedlichen Skalen. Aufgrund der Analogie der Abbildung entsprechen verschiedene dreidimensionale Repräsentationen demselben komplexen Muster: das kann erklären, warum dieselbe Information trotz der unterschiedlichen Übertragung als dieselbe identifiziert werden kann.

Die Muster werden sowohl durch die Dynamik neuronaler, elektro- und biochemischer Aktivitätsmuster als auch durch genetische Expressionsmuster analog repräsentiert; ebenso durch die Ausgestaltung der Morphologie, Struktur bzw. neuronaler Architektur. Dabei beeinflussen sich Dynamik und Struktur gegenseitig (sog. Hebbsche Korrelationsregel).

Gemäß dem Informationsgehalt an komplexer Information erfolgt die Informationsverarbeitung und –speicherung ebenfalls unterschiedlich: auf der basalen Ebene herrschen einfach komplexe Aktivitätsregeln, die zu immer komplexeren Aktivitätsmustern kombiniert werden. Die Kombination obliegt demnach sowohl der Struktur bzw. Morphologie als auch der Dynamik der jeweiligen Skala.[72]

Durch dynamische Rekombination der einfach komplexen Wechselwirkungspartner, d.h. durch die Dynamik adaptiver selektiver Mechanismen, werden

[71] Bernroider (Anm. 38)

[72] Wie dabei der Raumskala eine Komplexitätsskala zugeordnet werden kann, ist Gegenstand aktueller Theoriebildung in der theoretischen Physik sowie in der Komplexitätstheorie.

immer neue Synergien bzw. synchrone Aktivitäten möglich. Sie generieren immer neue Muster. Sie dekodieren somit komplexe Information.

Die Dekodierung folgt durch das zeitlich-sequentielle Nachschalten von Mustern, wobei die zeitlich nachfolgenden Muster eine jeweils höherwertige resp. komplexere (Meta-)Information kodieren (sog. neuronales Ent-Zippen). Die Annahme der Quantum Intelligence ist nun, dass der Kodierungsprozess ein komplexes Korrelat auf der Quantenskala besitzt. Informationskodierung, -erzeugung und –verarbeitung erfolgt dann nicht nur klassisch, sondern auch quantisch. Das setzt die Erzeugung komplexer Quantensysteme, deren Quantenzustände mehrfach miteinander verschränkt sind, ebenso voraus wie von komplexen höher dimensionalen Mustern. Diese wirken auf die Ausbildung klassischer Muster zurück. Es soll demnach zur Etablierung eines stabilen komplexen Quantensystems kommen, das mit dem klassischen Korrelat wechselwirkt.

Die Informationsverarbeitung erfolgt auf der Skala des komplexen Quantensystems relativ zeitlos sowie holistisch. Energetisch reicht ein Minimum an Aufwand aus, da Informationsverarbeitung hier durch direkte geometrische Transformation von informationskodierenden Mustern geschieht.

Die Skala unterhalb des Planckschen Wirkungsquantums lässt ausreichend räumlichen, zeitlichen und energetischen Spielraum für die Etablierung eines sich selbst stabilisierenden und selbst bestimmenden Quantensystems zu. Sie soll „bedeutende", d.h. dirigierende und (primär sich selbst) bestimmende Information speichern und verarbeiten. Quantenbits können durchaus intelligent miteinander interagieren und komplexe Verschränkungs-Bits erzeugen bzw. durch sie „versklavt" werden – so wie im klassischen Bereich ein emergierter Zustand anhand eines Kontrollparameters durch die Bestimmung des Kollektivzustands die basalen Zustände bestimmt.

Diese Bestimmung der basalen Ebene wäre ein selektiver Effekt. Dieser müsste mathematisch in die Beschreibung komplexer Quantensysteme, die Information verarbeiten, integriert werden. Mathematisch stellt sich die Frage, wie komplexe Information, die geometrisch erfasst werden kann, wahrscheinlichkeitstheoretisch die lineare Statistik in eine nichtlineare Quantenstatistik integrieren kann. So definiert Claude Shannon Information – das klassische Bit der Ja-Nein-Alternative – als negativen binären Logarithmus der Wahrscheinlichkeit. Sie ist somit rein statistisch und zufällig, d.h. ohne „Vor-Selektion", ohne vorgegebene Strukturen und Muster. Sie folgt als mathematischer Kehrwert der Entropie letztlich der Logik der Thermodynamik geschlossene Systeme, die per definitionem energetisch durch Einnahme des Gleichgewichtszustands ermatten und damit „tot" sind.

Die Quantenstatistik nun ist auch eine lineare Statistik, die die Basis des mathematischen Formalismus der Quantentheorie bildet: Skalarprodukte, Eigenwerte von selbstadjungierten Operatoren als Observable, unitäre Operatoren zwecks Sicherung der Symmetrie u.a. sind einem linearen Symmetriepostulat verpflichtet. Doch wie soll man dann mit Symmetriebrüchen und Emergenz von Quanten-Komplexität umgehen? Bereits der sog. von-Neumann-Kollaps der Wellenfunktion wird weder durch

den Formalismus der Dekohärenz noch durch die thermodynamische Dissipation erfasst.[73] So werden Nichtlinearität und systemische Selektio nicht erfasst.

Eine nicht-lineare Statistik wird bislang primär klassisch angewandt. Emergenz wird u.a. als Symmetriebruch in Folge der Änderung eines Ordnungsparameters (etwa der Energie) oder durch eine ad hoc Einführung von Gleichungen für eine differente Skala erklärt. Mathematisch jedoch sollte für die Quantum Intelligence auch die Emergenz von Hierarchien von Quantensystemen erfasst werden – vielleicht als eine Verschränkung von Verschränkungen von Verschränkungen... Dadurch wird eine Erzeugung bzw. Kodierung komplexer Information möglich.

Technologie: komplexe Informationsverarbeitung

Kann ein höher dimensionaler fraktaler System-Attraktor in einem komplexen System realisiert werden? Ist es möglich, vielfach verschränkte Quantensysteme zu erzeugen, indem energetische „Felder" mit komplexer Information gefüttert werden?[74] Können durch fraktale Strukturen verschränkte Zustände generiert werden, die die Dynamik fraktalen Wachstums passiv auslösen und zugleich ihr folgen? Wird dadurch nicht-chaotische komplexe Information kreiert, die sich selbst sowie das klassische System ordnet?

Eine Technologie der Quantum Intelligence muss daher auf Basis der erforderlichen theoretischen Bemühungen, v.a. hinsichtlich der Entwicklung einer umfassenden Theorie des Raumes sowie der Dynamik komplexer Information, Software und Hardware von Grund auf neu definieren.

Daraus könnten Technologien resultieren, die heute noch Science Fiction sind:

- Reprogrammierung der komplexen Steuerung biologischer Zellen über ein EM Feld (Krebstherapie, potentielle Unsterblichkeit des gesteuerten Organismus)
- Reprogrammierung der fraktalen Struktur des Raumes: das fraktale Prisma „Raum" wird hinsichtlich seiner Brechungseigenschaften modifiziert, so dass Wirkungen und Ereignisse im Raum gezielt evoziert werden.
- Beamen als Übertragung des komplexen Quantenzustands durch synergetische Informationskompression: anstelle jedes einzelnen QuBits wird „nur" die sie integrierende komplexe Information (das komplexe Quantensystem) übertragen, da sie die basalen Quantenzustände bestimmt und in sich vorenthält
- Bau von sog. Transputern, die kraft eines komplexen Quantensystems das klassische Substrat steuern

Die erforderlichen Schritte zur letztgenannten Technologie werden im Folgenden kurz skizziert.

[73] Dekohärenz- und Dissipationsskala differieren messbar voneinander. Vgl. Elze, Hans-Thomas (Hg.): Decoherence and entropy in complex system. Selected lectures from DICE 2002, Berlin u.a. 2004; Schlosshauer, Maximilian: Decoherence and the quantum-to-classical transition, Berlin u.a. 2008.

[74] Durch fraktales Wachstum in einen „Quanten-Raum" hinein (?) würde also ständig neue Information generiert werden.

Software: Entwicklung einer fraktalen Programmierung (Transputation)

Aufgrund der Isolierbarkeit komplexer Information ist eine Quanteninformationsverarbeitung denkbar, die nicht der Dekohärenz unterliegt und sich selbst stabilisiert. Komplexe (!) Quanteninformationsverarbeitung kann als autokatalytischer Effekt (s.o.: fraktales Wachstum) beschrieben werden, der zur Emergenz und Komplexitätszunahme des Quantensystems führt. Die transalgorithmische Software kanalisiert das fraktale Wachstum und beschreibt sie als analoge Abbildung der Transformation vierdimensionaler Fraktale.

Ergänzend zur Beschreibung komplexer Quantensysteme durch vierdimensionale Fraktale [s.o.] muss ein System konstruiert werden, das auch im klassischen Bereich komplex ist. Gedacht ist dabei an ein künstliches Gehirn mit Elementen, die dynamisch-nichtlinear miteinander wechselwirken.

Das Gehirn jedoch ist kein klassischer Computer: seine Komplexität erstreckt sich in die Quantenskala hinein. Es beruht primär auf der quantenphysikalischen Erzeugung und Kodierung komplexer Information, auf der Superposition von Quantenzuständen, auf dem instantanen Screening zwischen Realisierungsmöglichkeiten sowie auf der Selektion der jeweils optimalen Möglichkeit bzw. der ihr korrelierten komplexen Information.

Das Gehirn kann daher auch als aktive komplexe Information verstanden werden, d.h. als Wechselwirkung wischen komplexen Informationseinheiten, als Transformation komplexer Information und als Erzeugung neuer komplexer Information. Die hohe Informationsdichte des Gehirns kann, so die These, durch höher dimensionale Fraktale dargestellt werden.

Daher könnte eine fraktale Programmierung entwickelt werden, die nicht determinierend und somit trans-algorithmisch ist. Der Informationsverarbeitungsprozess wird durch die Trans-Form-ation von Fraktalen realisiert. Die Selektionsmöglichkeiten der Transformation werden entscheidend durch das höher dimensionale Fraktal begrenzt. Dieses Fraktal definiert einen speziellen Möglichkeitsraum, der auch die klassische Quantentheorie als linearen Sonderfall in sich enthalten sollte. Nur in diesem besonderen Möglichkeitsraum kann eine isomorphe Transformation definiert werden.

Der fraktale Code der Wirklichkeit sollte der empirischen Beobachtung entsprechen, d.h. beobachtbare Aktivitätsmuster und fraktale Strukturen (etwa die eines Moleküls) erklären – und das auf sämtlichen Skalen[75] 75 : von der Raumzeit über ein Atom, das Primatengehirn bis zu intergalaktischen Strukturen. Sequentiell-temporal gesplittete Muster sollten einem höher dimensionalen Muster zugeordnet werden, um die fraktale Sprache des Universums und des Geistes zu verstehen.

Die fraktale Steuerung von Selektionsprozessen wird nachvollziehbar. Die Selektion, die auf der klassischen Physik basiert, entspricht einem „trial and error" Szenario. Eine quantenbasierte Selektion hingegen setzt ein instantanes Screening von

[75] Das Gehirn einer Biene etwa speichert nur eine bestimmte Ansicht des Stockes, die somit in der neuronalen Architektur als fraktaler Code gespeichert ist.

parallel miteinander wechselwirkenden komplexen Informationen voraus, die in miteinander verschränkten V-Bits aktiviert sind.

Informationsverarbeitung würde demnach den Prinzipien einer Quanten-Selektion gehorchen, die wiederum das operative Resultat der o.g. höher dimensionalen Strukturen sein kann.

Hardware: Erzeugung komplex verschränkter Quantensysteme

Wie oben angedeutet, könnte ein komplexes Quantensystem auf Basis des fraktalen Wachstums erzeugt werden. Statt konventioneller Interferometer könnten komplexe Strukturen wie Moleküle verschränkte Quantenzustände erzeugen: somit wird in sie komplexe Information eingespeist. Es kommt zur kaskadenartigen Proliferation von Quantenzuständen, die ein System von nicht-chaotischen Interaktionen bilden: in ihnen entfaltet sich dann eine höher dimensional kodierte komplexe Information.

Die Quantenzustände wechselwirken jedoch nicht nur vermittelt über klassische Strukturen miteinander, sondern auch direkt, wenn etwa ein Photon sich mit einem anderen verbindet und einen neuen komplexeren Zustand erzeugt. Zugleich verändert im Fall der Wechselwirkung über ein klassisches Korrelat die im Akt der Messung erfolgte Übertragung von komplexer Information die Struktur bzw. die Form dieses Korrelats – etwa des Moleküls, das fortan die komplexe Information speichert und aktiviert. Das Fraktal re-definiert sich immer neu.

Eine nichtlineare Quantentheorie sollte sowohl die Erzeugung komplexer Information durch eine passiv ausgelöste „kontrollierte" Emergenz als auch den Akt der Messung bzw. Präparation beschreiben.[76] Durch Veränderung der räumlichen Wegstrecke für einen Signaltransfer wird u.U. die mit ihr korrelierte quantische Informationsverarbeitung beeinflusst: das Muster der Aktivität und damit der in ihr kodierten Information hängt unmittelbar von der Quantendynamik ab.

Inwiefern sog. Quantenmaterie, d.h. neue Zustände von Materie, hergestellt werden muss, hängt von den Erfordernissen des transalgorithmischen Rechnens an die Hardware ab. Verschränkungen und die in ihr kodierte komplexe Information sollten auch losgelöst vom materiellen Substrat miteinander wechselwirken. Das Quantensystem sollte daher relativ stabil sein: der Kollaps des dynamischen Quantensystems ist identisch mit dem Tod der künstlichen Intelligenz.

Quantensteuerung klassischer Systeme

Dem Quantensystem sollen die nicht-chaotische Steuerung, die Bewertung von Zuständen sowie der Akt der Selbstbestimmung obliegen. Instantane Wechselwirkungen, holistische Verschränkung von Zuständen, maximale Effizienz der Informationsübertragung, optimale Anpassungsleistungen, nicht determinierte Aktivität sind entscheidende Kennzeichen der Quantensteuerung, die empirisch belegt werden sollten.

---

[76] Vielleicht entspricht dem nichtlinearen Kollaps ein nichtlinearer Zuwachs an Komplexität.

Die Steuerung bewirkt ein fraktales Aktivitätsmuster, dessen Variationen durch eine höher dimensionale Struktur begrenzt werden. Das erlaubt eine Selektion, die nicht mehr in einem statistisch übergroßen Suchfeld stattfinden muss. Auch wenn die Einzelwahrscheinlichkeit von Entscheidungsalternativen der Selektion unbestimmt sind, wären sie nicht rein zufällig: sie folgen wie bei der bedingten Wahrscheinlichkeit einer kontextualen Begrenzung durch das höher dimensionale Fraktal. Steuerung erfolgt durch das Abschreiten seiner komplexen Struktur. Die o.g. Software würde nun eine Steuerung durch aktive Information auf verschiedenen Skalen erlauben.

Analog zur holografischen Eigenschaft der Gravitation bzw. des Raumes[77] als fraktales Projektionsraster wird auch die Steuerung holografisch strukturiert sein. Hier zeigen sich übrigens Parallelen zu mentalen Prozessen der analogen Projektion von Gedanken und komplexen Zuständen.

Die holografische Projektion komplexer Information bewirkt eine nicht-chaotische und nicht-zufällige Dynamik von Wechselwirkungen auf unterschiedlichen Skalen.[78]

Die Steuerungsenergie wäre in Anlehnung an die klassische „Zügelkontrolle" minimal, was gut zur o.g. Minimierung der Energie (bzw. ihre quantische Speicherung) durch Zunahme der Komplexität passt. Eine komplexe Information könnte zwischen oszillierenden Zuständen in zeitlichen Pufferzonen selektieren. Diese zeitlichen Puffer dienen im Gehirn der Synchronisierung und Zusammenbindung von Information aus unterschiedlichen Quellen. Dadurch steuert klassisch eine parallele Netzwerkarchitektur die mit ihr verbundenen synergetischen Wechselwirkungen. Diese Steuerung ist quantisch ermöglicht. Die konkrete Ausgestaltung neuronaler Aktivitätsmuster – und somit die komplexe Informationsverarbeitung – hängt unmittelbar von diesen Pufferzonen ab. Die quantengesteuerten Pufferzonen werden dann an den entscheidenden Knoten- bzw. Bifurkationspunkten des klassischen Systems installiert.

[77] Hawking, Stephen: Das Universum in der Nussschale, München 2004

[78] Der Nachweis der Nicht-Zufälligkeit von Wechselwirkungen könnte empirisch durch die Entsprechung zu einer fraktalen Struktur geschehen.

grkg / Humankybernetik
Band 57 · Heft 3 (2016)
Akademia Libroservo / IfK

Bildanalyse mit Eye-Tracking
Holbeins Porträt Heinrichs VIII., Die Gesandten und Darmstädter Madonna

von Lu Zhong, Humboldt-Universität zu Berlin

Keywords: Eye-tracking, Bildrezeption, Augenbewegung, ästhetische Rezeption, Rezeptionsforschung

Eye-Tracking ist eine repräsentative technische Methode, mit der ein Bild wissenschaftlich untersucht wird. Als Forschungsgegenstände dienen drei Bilder von Hans Holbein dem Jüngeren zur Studie, bei der die Augenbewegungen der Probanden mit Eye-Tracker aufgenommen und analysiert werden. Aus der Analyse ergeben sich die Eigenschaften der drei Bilder Holbeins und das allgemeine Schema der Bildbetrachtung.

1. Einführung

Die Medien- und Kulturwissenschaften überschwemmen jede Menge Analysen zu einzelnen Produkten in diesen Bereichen. Allerdings existieren standardisierte Rahmen nur zu Film-, Literatur-, Fernseh- und Popmusikanalysen. Für die Bildanalyse fehlt es immer noch ein ausgefeiltes Paradigma.[1] Vergleichsweise sind viel weniger analytische Arbeiten zu Bildern vorhanden und die fokussieren sich v.a. auf Farben, Struktur, Komposition und Malstil, also hauptsächlich durch die Kunst- und Kulturtheorien, um die kulturellen sowie humanistischen Bedeutungen hinter dem Bild zum Ausdruck zu bringen.[2] In der herkömmlichen Bildanalyse werden objektive wissenschaftliche Techniken kaum verwendet. Auch wenn die beiden Felder kombiniert werden, handelt es sich eher um die Generierung und Verarbeitung der Bilder anhand Computer-Software.[3] Deswegen bestehen mehr oder weiniger Lücken zwischen der Untersuchung der Bildperzeption und der Anwendung der objektiven Techniken. Es bedeutet nicht, dass es keine Kombination gibt, sondern nicht genug Beispiele davon.
Unter allen Beispielen ist die Eye-Tracking-Technologie eine der repräsentativsten Methoden. Damit werden die Blickbewegungen der Betrachter erfasst und ihre kognitive Verhalten bei der Bildbetrachtung beobachtet und untersucht, um die auffälligsten Stellen eines Bildes herauszufinden und die Eigenschaften sowie die Kommunikationseffekte des Sinngehalts eines Gemäldes seitens der Empfänger zu ermitteln. Zweifellos ist Eye-Tracking kein neuer Begriff. Bereits im 17. Jahrhundert kamen schon die Blickbewegungen für Studien der Bildkomposition in Einsatz.[4] Im Jahr 1967 leistete Alfred L. Yarbus eine Pionierarbeit zu diesem Thema mit deutlich höherer Genauigkeit bei der Aufnahme der Blicke.[5] Jedoch verbreitete sich die Methode schneller in Psychologie- und Medizinbereich. Was die Bildanalyse angeht, bleibt es wesentlich zum kommerziellen Zweck, um die visuelle Kommunikation zu optimieren. Reine Analysen zu Gemälden treten selten auf.

Dieses Experiment zielt darauf, durch die Untersuchung der Augenbewegungen von künstlerisch unprofessionellen Beobachtern mit Eye-Tracking die Eigenschaften der Bilder und das generelle Beobachtungsschema der Laien zu entdecken.

2. Materialien und Methode

Beim Experiment wurden folgende Materialien und Methode verwendet:

2.1. Stimuli

Hans Holbein der Jüngere (1497 - 1543) ist ein berühmter deutscher Renaissance-Maler, der sich gut auf tiefgehende und feierliche Porträts versteht. Er sieht die Individualität und die Eigenschaften der Sitzenden ein und malt sie detailliert mit reichen und lebendigen Farben ab. Für dieses Experiment wurden drei seinen Stil vertretende Werke als Forschungsobjekte ausgewählt: *Porträt Heinrichs VIII.* (Jahr der Fertigstellung unbekannt), *die Gesandten* (1533), *Darmstädter Madonna* (1526). Sie spiegeln die Holbein'schen Merkmale der Werke mit jeweils einer Person, zwei Personen und mehrere Personen darauf wider. So lässt sich nicht nur die intrapersonale, sondern auch die interpersonale Betrachtungsweise erkennen und der Malstil und das Wahrnehmungsschema kommen mehrseitig klar vor Augen.

2.2. Probanden

Probanden, insgesamt 10 Personen (6 Männer und 4 Frauen, 22 – 28 Jahre alt, Durchschnittsalter 25,9, Standardabweichung 2,02), sind all internationale Studentinnen und Studenten an der Technischen Universität Nanyang (NTU) in Singapur. Ihre Studienfächer haben nichts mit Kunst zu tun und sie besitzen kaum Vorkenntnisse über Renaissance-Gemälde. Holbein sowie seine Werke waren vorher noch ein leeres Feld für sie.

2.3. Methode des Experiments

Das Experiment wurde im Emerging Technology Graduate Labor im Computer Engineering Institut an der NTU durchgeführt. Verwendete Soft- und Hardware sind PC-Bildschirm, PC, Eye Tribe Tracker von der Firma the Eye Tribe sowie EyeProof, ein Eye Tracking Online Werkzeug ebenfalls von der obengenannten Firma. EyeProof kann die Aufgabe der Massendatensammlung erfüllen und Daten mit Cloud-Technologie speichern.

Die Probanden trugen Eye Tribe Tracker auf dem Kopf und saßen vorm Bildschirm mit einem Abstand von 65 cm. Holbeins Bilder wurden auf dem Dell P2314H LED beleuchteten Bildschirm von 23 Zoll dargestellt. Die Auflösung des Bildschirms betrug 1920x1080 Pixeln, Bildrate 60 Hz. Die Software lief auf einem Dell PC mit einem 3,5 GHz Xeon (R) Prozessor, 16 GB DDR-RAM, auf 64-Bit Windows 7 Betriebssystem. Der Eye Tracker mit einer Abtastfrequenz von 60 Hz nimmt die durch Infrarottechnik gemessenen Daten der Pupillen beim Bildbetracht auf. Direkte

Sonnenstrahlung auf die Geräte wurde vermieden, damit das Sonnenlicht den Rezeptor nicht störte. Mit EyeProof Recorder, einem Rekordprogramme der Augenbewegungen, wurden die gesammelten Daten auf den EyeProof-Server hochgeladen und da weiter verarbeitet und gespeichert. Mithilfe der Cloud-Technologie von EyeProof sind alle Daten jederzeit aufrufbar.

Die drei ausgewählten Bilder wurden jeweils 60 s auf dem Bildschirm dargestellt, mit einer 30-sekündigen Pause zwischen zwei Bildern. Vor jedem Experiment eines Probanden wurde eine Kalibrierung zur Datensammlung vorgenommen. Die Genauigkeiten wurden mit den abweichenden Winkeln zwischen der tatsächlichen und der aufgenommenen Sichtlinie gemessen (bei diesem Experiment unter 0,59 Grad). Vorm Experiment wussten die Probanden nichts über die anzuzeigenden Inhalte der Bilder und ihnen wurde keine spezielle Aufgabe zugewiesen. Nur die Bilder für jeweils 60 s betrachten.

Die gesammelten Daten enthalten eine Heatmap (Nach der Heatmap werden Areas of Interest (AOI) definiert. Die Analyse aller Statistiken basiert auf den AOIs.), die Stelle der ersten Fixierung (gerechnet mit Pixeln), die Entstehungszeit (/ms) und die Dauer (/ms) der ersten Fixierung, Anzahl der Fixierungen, die Dauer einzelner Fixierung, die Abfolge der Fixierungen. Auf dem Server von EyeProof werden alle Rohdaten gespeichert und sind in .csv-Format herunterzuladen. Am Ende trug die Experimentatorin alle Statistiken in Excel zusammen und die wurden mit Excel analysiert.

3. Datenauswertung und Analyse

„As we shift our gaze from one place to another in our everyday perception of the environment, we are doing more than just 'looking'; we are directing our attention to specific features of the environment in a way that causes these features to become more visible and deeply processed than those features that are not receiving our attention.“[6] Bei grafischer Wahrnehmung ist es auch der Fall. „Alfred Yarbus in 1967 analyzed the scan paths of an observer viewing I.E. Repin's painting entitled 'They Did Not Expect Him'. What he found is that observers were focusing their eyes on specific parts of the painting rather than randomly scanning the image.“[7] Mit anderen Worten: Verschiedene Stellen auf dem Bild bekommen die Aufmerksamkeiten nicht gleichmäßig. Um das Bild zu beobachten, muss der Beobachter seine Augen bewegen und die Sehgrube (fovea) auf die genauer anzuschauenden Positionen konzentrieren.[8] Es hängt von der physiologischen Struktur menschlichen Auges ab. Auf dem Augenapfel versammeln sich nur in einem kleinen Bereich die Sehrezeptoren, mit denen das Auge die Farben und Formen erkennen kann. Das Sehen funktioniert nicht als ein kontinuierlicher Prozess und die Aufmerksamkeiten werden auch nicht gleichmäßig aufgeteilt. Die Betrachtung besteht aus Fixierung und Saccade. Bei Fixierung bleibt der Blick stehen und die visuellen Informationen werden eingenommen. Saccade heißt, dass der Blick ziemlich rasch von einem Punkt zu einem anderen springt und das Auge

dazwischen nur unscharf sehen kann.[9] Diese Vorgehensweise, dass die Botschaften durch Fixierung eingesammelt und die interessante Stelle auf dem Bild durch Saccade gesucht werden, beeinflussen die Bildrezeption. Und die Rezeption und die Kognition treiben wiederum eine neue Fixierung und Saccade an.[10]

Im Experiment rechnete EyeProof die Dauer und die Anzahl der Fixierungen von allen zehn Probanden und stellte Heatmaps her. Nach den Heatmaps wurden die folgenden AOIs definiert (weiße Bereiche):

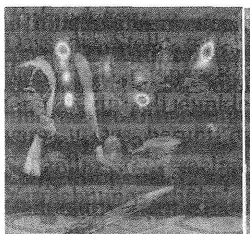



Abb. 1 Die Heatmap und AOI von *den Gesandten*

3.1. Fixierungen beim Porträt Heinrichs VIII.

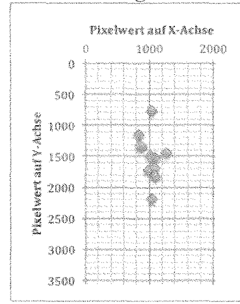


Abb. 1 Die ersten Fixationspunkte von zehn Probanden beim Porträt Heinrichs VIII.

Beim *Porträt Heinrichs VIII.*, Bildgröße 2038x3570 Pixeln, wurde jede Fixierung in Form von (Pixelwert auf X-Achse, Pixelwert auf Y-Achse) protokolliert. Durch die Berechnung der Statistiken von zehn Probanden ergibt sich die Stelle der ersten Fixierung als (1012,9 , 1503,8). Wie Abb. 2 darstellt stehen die blauen Punkte für die ersten Fixierungen jedes Probanden

und der Orangefarbige den Durchschnittwert, der sich in der Mitte des Bilds befindet und Heinrichs Taille entspricht. Die durchschnittliche Zeit, bis die erste Fixierung aufgebaut wird, beträgt 48,3 ms, die Dauer der ersten Fixierung, 289,9 ms.

Die Anzahl der Fixierungen jedes AOI deutet darauf hin, dass die am meisten beobachteten AOIs sind: Brust, Gesicht und Taille, durchschnittlich je mit 20,5 , 17,2 , 13,4 Fixierungen. Wird Rücksicht auf die Durchschnittsdauer einzelner Fixierung in jedem AOI und die Gesamtdauer aller Fixierungen in jedem AOI genommen, ragen auch die o.g. AOIs heraus. Ausnahmsweise tritt die Durchschnittsdauer einzelner Fixierung im Bereich vom linken Bein in den Vordergrund. Aber nach der Prüfung der Statistiken lässt sich erkennen, dass der Grund dafür daran liegt, dass das Datum eines Probanden ungewöhnlich hoch auf 4261 ms landet, während die Daten der übrigen Probanden nur zwischen 196 ms und 330 ms schwanken, die keinen großen Unterschied zeigt. Da individuelle Unterschiede und extreme Situationen bei der Bildbetrachtung vorkommen könnten, wird der hohe Wert nicht extra berücksichtigt. Die Experimentatorin nimmt an, dass der Beinbereich i.d.R.

nicht so viel Aufmerksamkeit an sich anzieht, wie die drei anderen attraktiven AOIs. Darüber hinaus fixieren 90% der Probanden in diesen drei AOIs, was auch belegt, dass beim *Porträt Heinrichs VIII.* die drei AOIs am prominentesten sind.

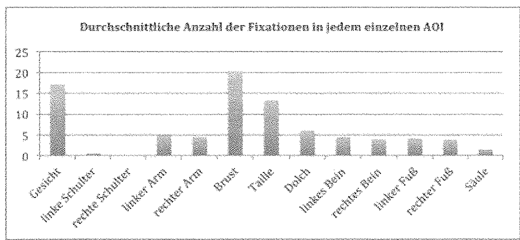


Abb. 3 Durchschnittliche Anzahl der Fixierungen in jedem AOI beim *Porträt Heinrichs VIII.*

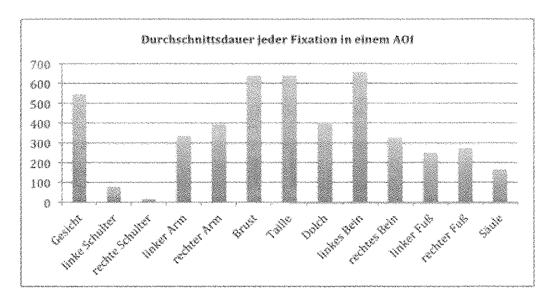


Abb. 4 Durchschnittsdauer jeder Fixierung in einem AOI beim Porträt Heinrichs VIII.

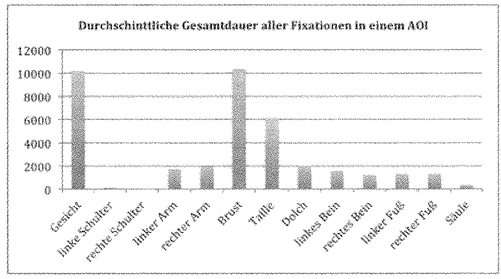


Abb. 5 Durchschnittliche Gesamtdauer aller Fixierungen in einem AOI beim *Porträt Heinrichs VIII.*

Diese Ergebnisse sind eng mit Holbeins Malstil verbunden. Beim Gestalten der Figur verfolgt Holbein strikt die Gesichtslinien, ohne einzelne Höhe und Tiefe zu vernachlässigen, so dass jede Art Einzelheiten der Figur detailtreu aufgezeichnet wird. Die klar zu sehende Hauttextur und der detailreiche Bart und andere ausdrucksvolle Teile reflektieren genau den nuancenreichen Malstil Holbeins. Und Heinrichs prunkvolle Kleidung prägt sich mit Details insbesondere im Brust- und Taillenbereich aus: Das helle Hemd mit äußerst komplexem Muster wird mit zwei Reihen Rubinen

dekoriert. Vor der Brust glänzt die goldene Halskette, auf der Heinrichs Initiale in regelmäßigen Abständen stehen. Im Taillenbereich wird das Muster des Hemds weiter entwickelt. Daneben werden viele Einzelheiten eingefangen, wie der auf dem Gürtel hängende Dolch, die Dolch haltende Hand sowie die Hautstruktur der Finger.[11] Es ist nicht zu bezweifeln, dass Heinrichs Gesicht und Kleidung direkt beweist, dass Holbeins Linien und Konturen beim Malen präzis, entschlossen und graziös sind. Wie der Lichtstrahl, der die Oberfläche eines dünnen Blattes streicht und die Blatttextur sichtbar macht, belebt Holbein seine Figur und füllt er den Körper mit Seele.

3.2. Fixierungen bei den Gesandten

Die durchschnittliche erste Fixierung (1866,4 , 1219,7) liegt auf dem Tischtuch mitten auf dem Bild. Das erste Mal zu fixieren braucht im Schnitt 738,2 ms und die Fixierung dauert 153.1 ms.

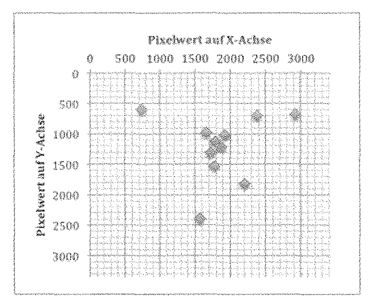


Abb. 6 Die ersten Fixierungspunkte von zehn Probanden bei *den Gesandten*

Unter allen 15 AOIs sind die folgenden am attraktivsten: der Körper von Jean de Dinteville (links, mit durchschnittlich 21,2 Fixierungen) und der Körper von Georges de Selves (mit 9.8 Fixierungen). Die restlichen Blicke werden fast gleichmäßig auf die Gesichte, das Tischtuch und die Objekte auf dem Tisch verteilt (außer der polyedrischen Sonnenuhr und der Laute).

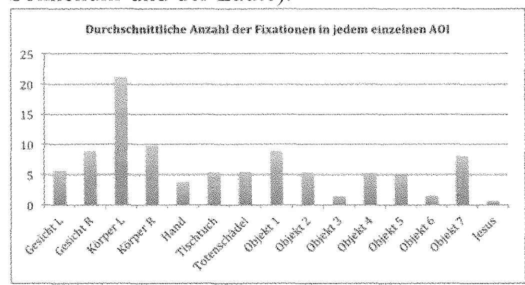


Abb. 7 Durchschnittliche Anzahl der Fixierungen in jedem einzelnen AOI bei *den Gesandten*

Bezüglich der durchschnittlichen Dauer einzelner Fixierung in einem AOI zeigen die Daten des Tischtuchs eine ähnliche Situation wie beim *Porträt Heinrichs VIII.*: Die offensichtlich höhere Fixierungsdauer eines Probanden (4503 ms) steigert den Mittelwert, obwohl die Messwerte anderer Probanden deutlich niedriger und nah aneinander liegen. Deswegen kann der Sonderwert als Ausnahme betrachtet werden. Allerdings weisen die Gesamtdauer der Fixierungen innerhalb eines AOI und die Anzahl der fixierenden Personen auch darauf hin, dass die Figuren und die Objekte auf dem Tisch eine hervorspringende Rolle spielen.

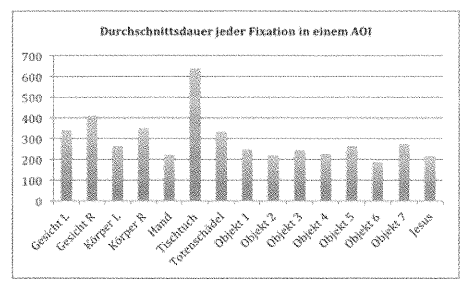


Abb. 8 Durchschnittsdauer jeder Fixierung in einem AOI bei *den Gesandten*

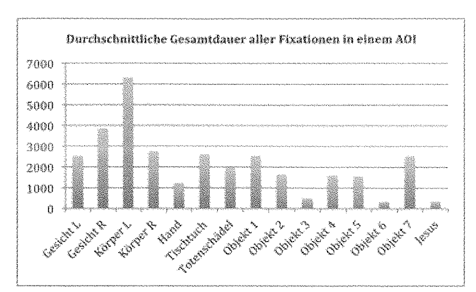


Abb. 9 Durchschnittliche Gesamtdauer aller Fixierungen in einem AOI bei *den Gesandten*

Es ist selbstverständlich, dass die Beobachter von der linken Figur angezogen werden, weil seine Kleidung ziemlich luxuriös ist: „Das voluminöse Kostüm des linken Gesandten ist von äußerster Plastizität, der sperrige schwarze Mantel mit dem leuchtenden Hermelinbesatz drängt aus der Bildebene nach vorn, und der scharfe Farbenkontrast mit den rosa Atlasärmeln erhöht noch den drastischen Effekt."[12] Im Vergleich dazu ist die Kleidung des Bischofs rechts zwar relativ bescheiden, steht die Figur aber auf der Gegenposition zur linken Person und hält das Gleichgewicht der Bildkomposition. Um die Beziehung zwischen den beiden Figuren zu erkunden, kann der Betrachter nicht vermeiden, die zweite Person zu beobachten.

Die Objekte auf dem Tisch werden auch nicht beliebig ausgewählt. Sie sind eher ein sorgfältiges Arrangement Holbeins. „The choice and organization of the objects

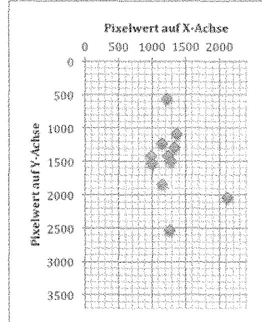
have been related to the contemporary way of organizing learning into the two branches of the tree and four scholarly disciplines, namely the Trivium and the Quadrivium."[13] Das erstere schließt Logik, Rhetorik und Grammatik ein, das letztere Musik, Arithmetik, Geometrie und Astronomie. Diese waren die sieben geschätzten freien Künste im Mittelalter.[14] Erwähnenswert ist, dass die Laute, der Holbein eine tiefgreifende Bedeutung verleiht, nicht zu den faszinierendsten Elementen des Bildes zählt – die gesprungene Saite mit unharmonischer Symbolik deutet auch politische Zwietracht an. [15] Dennoch wird sie nicht so oft angeschaut.

Außerdem weckt der unten in der Mitte des Bilds stehende Totenschädel auch nicht viel Aufmerksamkeit (im Schnitt 5,5 Fixierungen, durchschnittliche Gesamtdauer der Fixierungen 1969,2 ms, nur ein Drittel der Dauer für die linke Figur), obwohl er nicht zur Umgebung passt und im Bild so seltsam wirkt. Da Holbein eine Bildverzerrungsmethode *anamorphosis* verwendet, ist der Totenschädel aus konventioneller Perspektive schwierig auf den ersten Blick zu erkennen. Nur wenn der Betrachter einen Einblick ins Geheimnis der Verzerrung bekommt, versteht er dann das mittels des Totenschädels vermittelte Sinnbild[16] – zwei Gesandte sowie andere Objekte treten in den Hintergrund zurück und der Totenschädel herrscht im Vordergrund. Genauer betrachtet lässt sich erkennen, dass der Schatten des Schädels und der der Figuren und Objekten sind nicht in derselben Richtung, was tiefsinnig darauf hindeutet, dass die Macht des Todes aus einer anderen Dimension über alle irdische Streben steht[17]: „All earthly endeavor is vain illusion and soon turns to dust"[18].

Ein weiterer unauffälliger Gegenstand – das Silberkruzifix – oben links in der Ecke (im Schnitt 0,7 Fixierungen, durchschnittliche Gesamtdauer der Fixierungen 364,1 ms) dient als Balance zum Tod.[19]

Interessant ist, dass das Doppelporträt mit einem versteckten Totenschädel damals beispiellos war und kommt auch nur einmal in Holbeins Werken vor.

3.3. Fixierungen bei Darmstädter Madonna



Die durchschnittliche erste Fixierung (1278,4 , 1499,8) befindet sich auf der Hand Madonnas, auch relativ mitten im Bild. Die Zeit zur ersten Fixierung beträgt 408,1 ms, die Dauer der ersten Fixierung 299 ms.

Bei der Anzahl der Fixierungen in 21 AOIs steht die Anzahl im Brustbereich Madonnas an der Spitze (im Schnitt 12,7), gefolgt von Madonnas Hand, Jakob Meyers zweite Frau (Kinn nicht mit Schleier abgedeckt), nacktes Baby im Unten und der Hintergrund. Die anderen Fixierungen verteilen sich vergleichsweise gleichmäßig auf die anderen Figuren. Was die durchschnittliche Dauer einzelner Fixierung in einzelnem AOI und die durchschnittliche Gesamtdauer aller Fixierungen in einem

einzelnen AOI angeht, besitzt der Brustbereich Madonnas auch einen Vorsprung. Die durchschnittliche Gesamtdauer aller Fixierungen an dieser Stelle addiert 6874,1 ms, fast Dreifach der anderen einzelnen Bereiche. Die Statistiken andere AOIs mit keinem deutlichen Unterschied erscheint ziemlich naheliegend zu sein.

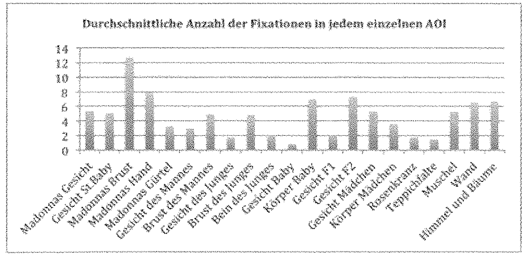


Abb. 11 Durchschnittliche Anzahl der Fixierungen in jedem einzelnen AOI bei *Darmstädter Madonna*

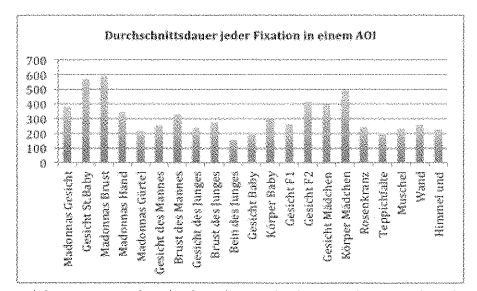


Abb. 12 Durchschnittsdauer jeder Fixierung in einem AOI bei *Darmstädter Madonna*

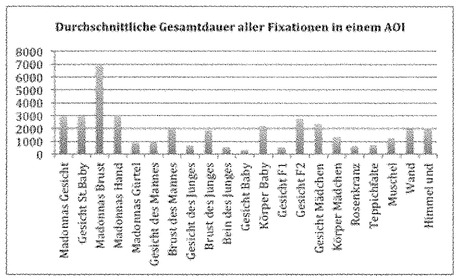


Abb. 13 Durchschnittliche Gesamtdauer aller Fixierungen in einem AOI bei *Darmstädter Madonna*

Die Daten sind auch leicht zu erklären. *Darmstädter Madonna* wurde eigentlich als Meyers Glaubensbekenntnis geschaffen. Deswegen ist es von religiöser Stimmung geprägt, was auch dazu führt, dass die Komposition und die Details des Bildes all dieses Thema umkreisen. Der Grund, warum sich die Probanden insbesondere für Madonnas Brustbereich interessieren, liegt daran, dass dieser Bereich als eine Verbindungszone dient, die Madonnas Gesicht und das Gesicht des heiligen Babys zusammenbringt.

Madonna, eine Schützerin der Gläubigen, wirkt sehr ruhig und friedlich. Das von Madonna umarmte Baby lehnt sich mit einem gesegneten Gesichtsausdruck an Madonnas Schulter. Diese Szene spiegelt exakt das Thema des Bildes wider. In diesem Fall werden die Blicke zweifellos an die das Thema darstellende Stelle fixiert.[20]

Ferner enthalten die Muschel, die Wand, der Himmel sowie die Feigenbäume auch religiöse Sinne. Aus der Muschel entsteht die edle Perle, die den heiligen Geist symbolisiert. Links und rechts neben der Muschel steht eine Wand, hinter der sich ein Garten mit Feigenbäumen befindet. Diese Szene deutet den Garten Eden und das Paradies an.[21]

Mit Hilfe der Röntgentechnologie wird festgestellt, dass Holbein das Bild zwei Jahre nach der Fertigstellung wieder umgearbeitet hat: „Im ersten Zustand fehlte das Profilbildnis der Magdalena Baer, ferner war das Gesicht von Dorothea Kannengießer von einem Kinnband verdeckt, und die Haare der Tochter Anna fielen offen über ihren Rücken.“[22] Holbein wurde wieder beauftragt, um die Umarbeitung durchzuführen, weil damals sich die sozialen Sitten änderten. Diese Umarbeitung ergibt, dass der Auftraggeber darauf zielt, sich zeitmäßig und zeitnah zu präsentieren.[23]

3.4. Allgemeines Schema der Bildbetrachtung

Was bestimmt die Fixierung bei der Bildbetrachtung? Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten, weil die Perzeption eines Bildes immerhin als ein ziemlich subjektiver Prozess gilt. Wie der Mensch ein Bild beobachtet, hängt von vielen Faktoren ab, z. B. physiologischer Struktur menschlichen Auges, Eigenschaften des Gemäldes, Vorkenntnissen übers Gemälde und Bildkunst etc.[24] Jedoch kommen einige Gemeinsamkeiten der Betrachtung von den zehn Probanden heraus, nämlich ein allgemeines Schema.

3.4.1. Die erste Fixierung liegt normalerweise in der Mitte

Die Daten verraten, dass bei den drei Bildern zuerst in der Mitte gestarrt wird. Es liegt an der physiologischen Struktur menschlichen Auges. Beim Beobachten einer Szene fokussiert das Auge auf einen kleinen Punkt, statt alle Stellen scharf zu sehen. Den Inhalt auf diesem Punkt kann das Auge klar erfassen. Aber um diesen Punkt herum wird die Auflösung immer schlimmer, wenn sich der Abstand zum Fokuspunkt vergrößert. Das heißt, dass die visuelle Informationssammelquote nur auf diesem kleinen Punkt sehr hoch ist. Außer dem Punktbereich nimmt das Auge die Botschaften eher sehr ineffizient auf. Wird den Probanden ein nie gesehenes Bild gezeigt, dessen Inhalt sie vorher nicht erfahren, fangen sie i.d.R. mit der Mitte an, um einen übersichtlichen Verstand übers ganze Bild zu erhalten, auch wenn die erste Fixierung nicht unbedingt lange dauert (im Experiment unter 300 ms).

Die zuerst fixierten Punkte bleiben keine einmaligen Fokusse. „When changing its points of Fixierung, the observer's eye repeatedly returns to the same elements of the picture. Additional time spent on perception is not used to examine the secondary elements, but to reexamine the most important elements. The impression is created that

the perception of a picture is usually composed of a series of 'cycles', each of which has much in common."[25]

Allgemein bekannt ist der Gegenstand, der mitten im Bild platziert wird, nicht unwichtig. Auf dem Träger des Hauptgedankens des Bilds, wie z. B. Heinrichs VIII. Taille, dem Tisch, Madonnas Hand, landet nicht nur die erste Fixierung. In der restlichen Zeit kehren die Blicke wieder zu diesen Stellen zurück.

3.4.2. Das verwirrendste und faszinierendste Bild: die Gesandten

Offensichtlich wendet Holbein *den Gesandten* im Vergleich zu den anderen zwei Werken tiefere Bedeutung zu: Egal wie bitterlich die irdische Welt unter einer Unruhe leidet, wie fortschritten sich die Wissenschaften entwickeln, dominieren über alles schließlich der Tod. In diesem Bild werden viele Objekte abgebildet, was gerade auch den Probanden eine Herausforderung zum Betrachten stellt. Beim *Porträt Heinrichs VIII.* nehmen die Probanden nur 48,3 ms, um die erste Fixierung festzulegen. Beim *Darmstädter Madonna* mit mehreren Figuren dauert es 408,1 ms. Konfrontiert mit dem komplexen *den Gesandten* brauchen die Beobachter 738,2 ms, um den ersten Blick zu setzen. Unter dem Aspekt der Dauer einzelner Fixierung in einem einzelnen AOI ergibt sich auch niedrigerer Datenwert vom Bild. Anders formuliert, wenden die Probanden mehr Zeit beim Saccade auf (einschließlich der Zeit vor der ersten Fixierung und der Zeit zwischen den Fixierungen). Der Betrachter ist verwirrter bei der Entscheidung der Fixierungen und hält sich an einer Fixierung kürzer auf, weil es im Bild mehr zu erkundende interessante Elemente gibt. Das Phänomen wird auch belegt durch die lineare Beziehung zwischen der durchschnittlichen Gesamtdauer (y) der Fixierungen in einem einzelnen AOI und der Anzahl (x) der Fixierungen in diesem AOI: Beim *Porträt Heinrichs VIII.* $y=556{,}46x - 698{,}1$ ($R^2=0{,}97597$), bei *den Gesandten* $y=294{,}84x + 261{,}48$ ($R^2=0{,}91969$), bei *Darmstädter Madonna* $y=473{,}67x - 358{,}98$ ($R^2=0{,}84965$). Der Koeffizient vor x reflektiert die Dauer jeder Fixierung. Unter allen drei Funktionsgleichungen ist der Koeffizient bei *den Gesandten* deutlich kleiner. Mit anderen Worten, befinden sich der Betrachter öfter in einem Suchmodus, wenn das Bild sehr informationsreich und kompliziert ist. Mehr Zeit wird in Saccade investiert, die Fixierung langsamer aufgebaut, zwischen Fixierungen häufiger gewechselt.

3.4.3. Einfluss des hohen Kontrasts auf die Fixierung

Hoher Kontrast gehört zu *stimulus salience* eines beobachteten Objekts. „Capturing attention by stimulus salience…depends solely on the pattern of stimulation falling on the receptors."[26] Derrick Parkhurst et al. fuhren 2002 eine relevante Studie durch: Sie erstellte eine saliency map fürs Bild und ließen die Probanden das originales Bild betrachten. Aus dem Vergleich der Fixierungsdaten mit der saliency map schlussfolgerten sie: „The initial Fixierungs were closely associated with the saliency map, with Fixierungs being more likely on high-saliency areas."[27]




Abb. 14 Originales Bild und saliency map beim Experiment von Parkhurst et al. (Quelle: Goldstein 2009, S. 136)

Dass die Stelle mit hohem Kontrast leicht auffällt, kann mit Mach-Effekt erläutert werden. Bei einer Reihe benachbarter grauer Streifen erscheint das Dunkel an der Grenze zu Hell dunkler als dasselbe Dunkel an der Grenze zu Dunkel, fürs Hell vice versa. „Das beruht darauf, dass in der Netzhaut die Erregungswerte benachbarter Sehzellen so verrechnet werden, dass sie sich gegenseitig beeinflussen… Diese Art der Verrechnung erhöht die Kontraste und schärft die Grenzen."[28] Daher ziehen die Übergangsstellen mit intensivem Farbkontrast mühelos Aufmerksamkeit an.

3.4.4. Informationen erregen Aufmerksamkeit

Der Blick neigt, sich auf informationsreiche Bereiche zu konzentrieren. Mindestens auf Seite des Betrachters drücken diese Bereiche das Thema des Bilds klar aus.[29] Deshalb reflektieren die Augenbewegungen in großem Maße den Denk- und Wahrnehmungsprozess eines Betrachters.[30] Z. B. bei *Darmstädter Madonna* werden die thematische Bedeutung durch die in der Mitte stehenden Madonna und das heilige Baby sowie die Verehrung zu ihnen präsentiert. Demnach wird in diesen Bereichen viel mehr Fixierungen ermessen.

Erwähnenswert ist, dass in diesen tiefsinnigen Bereichen werden auch mehr Details aufgezeichnet, aber die Menge der Details bestimmt nicht alleine die Anzahl der Fixierungen.[31] Beispielsweise bei *den Gesandten* werfen die Probanden ihre Blicke häufig auf die prunkvolle Kleidung. Hingegen wird der auch detailgetreu abgebildete Vorhang im Hintergrund nicht von den Probanden zur Kenntnis genommen, weil die Kleidung effektive Informationen enthält und dabei hilft, die Figur angesichts ihren Status zu identifizieren, während der Vorhang nur inhaltsleere Information für den Betrachter beherbergt, die sich nicht auf die Studien zum Vorhang spezialisiert, egal wie einzelheitsvoll er ist.

3.4.5. Figur ragt im Bild heraus

Aus den Statistiken lässt sich folgern, dass die Figur beim Betrachten anziehungskraftvoll ist, insbesondere das Gesicht. Immerhin sind die Augen und Lippen die ausdrucksvollsten Bereiche des Menschen. Durch die kann der Beobachter die Laune, Gefühle der Figuren usw. ablesen und damit das Thema des Bildes begreifen. [32]

Außerdem treten menschliche Gesichte öfters im Alltagsleben auf. Beim Erkennen fällt menschliches Gesicht einem Betrachter leichter und vertrauter, weil „wir in der Regel nur das erkennen können, was wir bereits kennen... Um einlaufende Sinnesdaten einordnen zu können, benötigt das Gehirn stets ein Konzept, welches auf Erfahrung beruht. Das Deuten der Daten nennt man Konzeptualisierung. Vertraute Objekte werden erkannt, weil das, was von den Augen gemeldet wird, bereits im Gehirn in einer Art Mustersammlung vorliegt.“[33] Infolgedessen können die Probanden die emotionalen und psychologischen Informationen der Figur erfassen, indem sie beim Betrachten den Gesichtsausdruck und Eigenschaften mit vergangenen Erfahrungen der Kognition zum menschlichen Gesicht vergleichen.

3.4.6. Künstlerische Vorkenntnisse ändern das Betrachtungsverhalten

Alle zehn Probanden sind nicht mit reichlichen Kunstvorkenntnissen versehen und daher fixieren sie ihre Blicke beim Betrachten meistens auf separate Objekte, ohne auf die verdeckten Verbindungen zwischen Elementen zu achten. Z. B. bei *Darmstädter Madonna* schaut die verstorbene Frau in die Richtung nach Meyer und Meyer in die Richtung nach Madonna. Zwischen den Figuren besteht hier ein unsichtbarer Faden, der die Elemente in Verknüpfung bringt. Allerdings bei den Statistiken der Fixierungsübergänge beträgt die zwischen der verstorbenen Fran und Meyer nur 7 (viel weniger als zwischen anderen Elementen) und die zwischen Meyer und Madonna sogar 0. Während des Experiments konsultierte die Experimentatorin übers Thema eine Masterstudentin, die Kunstgeschichte an der Humboldt-Universität zu Berlin studiert. Sie meint, dass die Blickrichtungen zwischen den Figuren einer der Untersuchungsschwerpunkte in künstlerischem Fach sind. Aus dem Unterschied zwischen den Fachleuten und Laien lässt sich erschließen: „Untrained viewers failed to recognize the perceptual organizing functions of symmetry, focusing attention instead on the representational issue of how accurately individual element conveyed ‘objective’ reality , In contrast, art students scanned the human figures only curiously, showing instead a clear preference for graphic composition , thematic patterns among compositional elements.“[34] Dem Laien fehlt üblicherweise die Reflexion über die Bedeutung hinter dem Bild.

4. Schlussfolgerung und Diskussion

Durch das Experiment lässt sich Holbeins Malstil klar erkennen – farbenreich, präzise, detailgetreu, insbesondere bei *den Gesandten*, wo jede winzige Einzelheiten vor Augen geführt wird. Zugleich verbirgt sich tiefsinnige Bedeutung in diesem Bild. Bemühen sich die Probanden nicht, entdecken sie dann das Geheimnis auch nicht. Der verzerrte Totenschädel steht nicht im Fokus des Betrachtens von den Laien, was zu einem gewissen Grad darauf hinweist, dass die Kommunikation des Themas von *den Gesandten* nicht als barrierefrei gilt.

Darüber hinaus wird ein Schema der Bildbetrachtung aus den Daten abgeleitet: Normalerweise schenken der Beobachter zuerst seine Aufmerksamkeit in die Mitte auf dem Bild, um durch den mitten platzierten Gegenstand mit Hinweise aufs Thema einen Überblick übers Bild zu bekommen. Zudem befindet sich das Auge beim Betrachten eines komplexen Bildes in einem Suchmodus, in dem nach interessanten Punkten gesucht wird. Auf diesem Grund werden Fixierungen langsamer aufgebaut und die Dauer jeder Fixierung verkürzt. Schließlich ragen im Bild die Stellen mit hohem Kontrast und mehr Informationen heraus und werden die faszinierendsten Stellen in der ganzen Szene.

Allerdings wird nicht geleugnet, dass außer dem Bild selber viele Faktoren beim Betrachten eine wichtige Rolle spielen, wie z.B. künstlerische Vorkenntnisse, Erfahrungen aus der Vergangenheit usw.[35] Daher sollten technische Wissenschaften und Kunst nicht gleichgesetzt werden. „On the one hand, art perception is too subjective and challenging for rigorous scientific exploration. On the other hand, artists may fear that scientists could bring a misleading reductionism that would oversimplify all the aspects involved in the appreciation of art.“[36] Offenkundig ist, dass die Kunst den Beobachtern zahlreiche subjektive Möglichkeiten bietet, aus denen die Einzigartigkeiten und Unsicherheiten entstehen, was die Kunst noch attraktiver macht. [37]

[1] Vlg. Faulstich et al. 2010, S. 5
[2] Vgl. ebd.
[3] Vgl. ebd.
[4] Vgl. Neault 2013
[5] Vgl. ebd.
[6] Goldstein 2009, S. 134
[7] Wallraven et al. S. 1
[8] Vgl. Goldstein 2009, S. 135
[9] Vgl. Land 1999, S. 341 - 352
[10] Vgl. Melcher und Colby 2008, S. 466 - 473
[11] Vgl. Buck 1997, S. 85
[12] Heise 1946, S. 4
[13] Foister, Roy und Wyld 1997, S. 33
[14] Vgl. Heise 1946, S. 13
[15] Vgl. Heise 1946, S. 11
[16] Vgl. ebd
[17] Vgl. Foister, Roy und Wyld 1997, S. 48
[18] Foister, Roy und Wyld 1997, S. 44
[19] Vgl. Foister, Roy und Wyld 1997, S. 50
[20] Vgl. Yarbus 1967, S. 191
[21] Vgl. Auge 1993, S. 25 - 52
[22] Bätschmann und Griener 1998, S. 16
[23] Vgl. ebd.
[24] Vgl. Goldstein 2009, S. 135
[25] Yarbus 1967, S. 193

[26] Goldstein 2009, S. 136. „Stimulus salience refers to characteristics of the environment that stand out because of physical properties such as color, brightness, contrast, or orientation."
[27] Ebd.
[28] Maelicke 1990, S. 37
[29] Vgl. Yarbus 1967, S. 117
[30] Vgl. Yarbus 1967, S. 190
[31] Vgl. Yarbus 1967, S. 182
[32] Vgl. Yarbus 1967, S. 191
[33] Maelicke 1990, S. 67
[34] Nodine, Locher und Krupinski 1993, in Leonardo, S. 219
[35] Vgl. Goldstein 2009, S. 136
[36] Quiroga und Pedreira 2011
[37] Vgl. ebd.

Schrifttum:

- Auge, Christl: Zur Deutung der Darmstädter Madonna. Lang, Frankfurt am Main, 1993
- Bätschmann, Oskar und Griener, Pascal: Hans Holbein d. J. Die Darmstädter Madonna. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main, 1998
- Faulstich, Werner et al.: Bildanalysen: Gemälde, Fotos, Werbebilder. Wissenschaftler-Verlag, Bardowick, 2010
- Foister, Susan, Roy, Ashok und Wyld, Martin: Holbein's Ambassadors. National Gallery Publications, London, 1997
- Goldstein, Bruce: Sensation and Perception. Cengage Learning, Canada, 2009
- Heise, Carl Georg: Die Gesandten von Hans Holbein. Gebr. Mann Verlag, Berlin, 1946
- Land, M.F.: Motion and Vision: Why Animals Move Their Eyes. In Journal of Comparative Physiology A Vol. 185, 1999
- Maelicke, Alfred (Hrsg.): Vom Reiz der Sinne. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1990.
- Melcher, David und Colby, Carol: Trans-Saccadic Perception. In Trends in Cognitive Sciences Vol. 12, 2008
- Neault, Michael: Tracking the Gaze. In: http://blog.art21.org/2013/01/07/tracking-the-gaze/#.VssBtscxLjJ, 07.01.2013 (Stand: 22.02.2016)
- Nodine, C. F., Locher, P. J., Krupinski, E. A.: The Role of Formal Art Training on Perception and Aesthetic Judgement of Art Compositions. In Leonardo, Vol. 26, Nr. 3, The MIT Press, 1993
- Quiroga, Rodrigo Quian und Pedreira Carlos: How Do We See Art: An Eye-Tracker Study. Auf http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3170918/, 2011 (Stand: 25.02.2016)
- Wallraven, Christian et al.: Aesthetic Appraisal of art – from eye movements to computers. In Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging, O. Deussen und P. Hall (Hrsg.), 2009
- Yarbus, Alfred L.: Eye Movements and Vision. Plenum Press, New York, 1967

grkg / Humankybernetik
Band 57 · Heft 3 (2016)
Akademia Libroservo / IfK

Lingvoplanado kaj planlingvoj: novaj vojoj por analizo

de Jesus MOINHOS PARDAVILA (ES)

Eseo el Postdiplomaj studoj de interlingvistiko, Universitato Adam Mickiewicz, Poznań (PL)

Enkonduko

Lingvoplanado de naciaj lingvoj (pli specife, lingvonormigo) kaj kreado de planlingvoj estas du malsamaj procedoj, sed eblas diri, ke ili kundividas kelkajn komunajn puktojn. Tiu ĉi laboraĵo celas esplori tiujn similaĵojn kaj malfermi vojon por ebla apliko de kelkaj konceptoj de la sfero de lingvoplanado en la interlingvistika kampo. De tiu vidpunkto, ĝi estas konceptita kiel interdisciplina studo. Konkrete, mi baziĝos ĉefe sur la kontribuoj de Heinz Kloss (1904 – 87), kaj helpos min grandparte per komparado inter planlingvoj kaj la lingvoplanado de etnolingvoj.

1. Lingvoplanado, lingvonormigo, lingvonormaligo kaj kreado de planlingvoj

Per la termino *lingvoplanado* oni montras al pluraj, diversaj kuntekstoj, kaj al nocioj ne ĉiam identaj, kiaj ordigo de statuso, korpuso kaj etendiĝo de unu lingvo, reguligo de multlingvaj situacioj kaj eĉ procedoj de lingvofandado (Ruiz, Sanz kaj Solé 2001). Alivorte, estas ĝenerala praktiko nomi "lingvoplanado" ajnan aktivecon kun la celo interveni en lingvajn uzojn aŭ formon (Lamuela kaj Monteagudo 1996). En tiu plursignifeco eblas distingi du konceptojn: lingvonormigo kaj ligvonormaligo.

Lingvonormigo estas la procedo por fiksi lingvajn normojn kun la celo igi lingvon taŭga komunikilo. Por normigi lingvon oni devas provizi ĝin per ortografio, normaj gramatiko kaj vortaro. Siavice, *lingvonormaligo* (*language planning, linguistic normalization*) estas soci-reorganiza procedo, nome etendado (per rimedoj edukadaj, politikaj, kulturaj k.a.) de la uzado de minoritatigita lingvo en kvar aspektoj: kreskigo de nombro de parolantoj, pliigo de la uz-frekvento, okupado de ĉiuj uz-cirkonstancoj kaj provizo de uzonormoj pli favoraj por la ĉiea troveblo de la regita lingvo (Ruiz, Sanz kaj Solé 2001).

Planitaj lingvoj, ankaŭ nomataj planlingvoj, universalaj lingvoj, artefaritaj lingvoj aŭ mondaj helplingvoj, estas lingvosistemoj konscie kreitaj laŭ kriterioj de individuo aŭ grupo da individuoj kun la celo faciligi komunikadon (Wüster 1931, en Fiedler 2006).

La tradician dikotomion inter naturaj kaj planitaj kaj naturaj (ankaŭ nomataj naciaj, etnaj) lingvoj kontestis Koutny (2015). Ŝi proponis kontinuon inter maksimuma kaj minimuma artefariteco (aŭ natureco) de lingvoj. Estas subkomprenite, ke la dividoj estas nur por montri laŭgradan ellaboritecon, kaj ne celas efektive izolitajn ŝtupojn.

Figuro 1. Grado de artefariteco/natureco de elektitaj lingvoj (Koutny 2015).

Ideala natura lingvo								**Tute planita lingvo**
japana korea	hun-gara	norvega indonezia	novhe-brea	Inter-lingvao	Espe-ranto	Vola-puko	Solresol	program-lingvo

Kelkaj rimarkoj fareblas pri la tabelo. En ĝi eblas distingi plurajn specojn de ellaborado, ĉar troveblas lingvoj fanditaj el diversaj naturaj lingvoj, lingvo revivigita kaj simpligita el antikva formo, lingvoj kun normo ellaborita el pluraj dialektoj, ktp. La norvega havas almenaŭ du malsame ellaboritajn normlingvojn (*bokmål* kaj *nynorsk*). Laste, programlingvoj estas lingvoj tre vastasence, kaj ne estas uzataj en interhoma komunikado kiel la ceteraj ekzemploj. Tamen, malgraŭ sia heterogeneco, la tabelo montras diversajn gradojn de interveno, faciligas ĝeneralan supervidon kaj intuigas eblan kundividon de perspektivoj kaj analiziloj.

2. Mezuri la ellaboran dimension

Unu el la interesaj aspektoj de lingvoplanado por interlingvistiko estas la diversaj proponitaj rimedoj por mezuri la ellaboran[1] dimension de lingvo, tio estas, por esplori la kvantan kaj kvalitan disvolviĝon de lingvo aŭ lingvovarianto. De la interlingvistika flanko Detlev Blanke kreis skalon por klasifi planlingvojn akorde al ilia komunika rolo (Fiedler 2006), kiun li modifis kaj ampleksigis laŭlonge de la jaroj[2]. Sur la lingvoplanada kampo vastan reeĥon havis la teorioj de Heinz Kloss, kunigantaj korpusplanadon (*corpus planning*) kaj statusplanadon (*status planning*). Ju pli lingvo vastigas sian funkcian spacon, des pli ĝi devas esti provizata per novaj leksikaj kaj stilaj rimedoj. Tial Kloss, post ĝenerala superrigardo, proponis naŭnivelan skemon por klasifi lingvojn laŭ ilia ellaboriteco (Díaz Fouces 1995):

	E	K	N
F	7	8	9
G	4	5	6
V	1	2	3

Figuro 2. Skemo de Kloss.

1 Ĉi tie mi uzas la terminon *ellaborado* kun la signifo 'procedo ampleksanta la interna diverseco de lingvo kaj vastiganta la kompleksecon de ties stilnormo'. Poste, en 2., mi reuzos la terminon kun alia signifo.

2 En Blanke (1985) la skalo enhavis dek ok ŝtupojn, al kiuj la aŭtoro aldonis plian en Blanke (1989). Poste, en Blanke (2000), ĝi atingis 28 nivelojn.

En la vertikala akso li distingas tri tipojn de tekstoj, de pli simpla al pli ellaborita; en la horizontala akso estas tri specoj de temoj, ordigitaj laŭ proksimeco al la lingvokomunumo:

F – alte originalaj aŭ esploraj tekstoj (*Forscherprosa*)	E – naciaj aŭ propraj temoj (*eigen-bezogene Themen*)
G – diskonigaj tekstoj (*gehobene Prosa*);	K – humanismaj tekstoj (*kulturkundliche Fächer*)
V – elementaj tekstoj (*Volkschulstufe*)	N – sciencaj kaj teknikaj tekstoj (*Naturwissenchaften und Technologie*)

La ciferoj en la skemo celas la plej kutiman ordon de disvolviĝo de nefikcia prozo, kvankam ne necese okazas tiel en ĉiuj lingvoj. La skemo estis konceptita por analizi minoritat(igit)ajn lingvojn kaj dialektojn, sed ĝi povas ankaŭ roli kiel valora ilo por trastudi planlingvojn. Ĉerpante el la informoj pri esplorteksta apliko de planlingvoj (Blanke kaj Blanke 2015) kaj uzante la skemon de Kloss, eblas loki la ĉefajn planlingvojn en tiuj niveloj: Latino sine flexione[3]: 6, Ido: 6, Interlingua[4]: 6, Basic English: 6, Occidental-Interlingue: 9?, Esperanto: 9 (Volapuko ne atingas la nivelon 1).

La skemo tamen havas limojn. Unu el la ĉefaj kritikaj punktoj estas fundamenta, nome ĉu eblas determini la gradon de ellaboriteco de lingvo per la ekzisto de kelkaj tekstotipoj, senkonsidere pri la socia disvastiĝo de la uzado de tiuj tekstoj, la uzitaj lingvotipoj, la dependo aŭ interdependo rilate la referenc-lingvojn, k.a. (Kabatek 2003). Alia problemo estas la nedistingoj inter originale verkitaj tekstoj kaj tradukoj, inter kompletaj tekstoj kaj resumoj.

3. Distanciĝlingvoj kaj ellaborlingvoj

En 1952 Kloss donas la definitivan nomon al du ŝlosilaj konceptoj en siaj teorioj: *distanciĝ-lingvoj* (lingvoj *abstand*, *Abstandsprache*) kaj *ellabor-lingvoj* (lingvoj *ausbau*, *Ausbausprache*). La unuaj estas lingvoj ne konsidereblaj kiel dialektoj de aliaj pro la granda lingva diferenco inter ili kaj ajna alia lingvo: la eŭska, la hungara, la franca. Temas pri lingvoj de lingvistika vidpunkto. Aliflanke, ellaborlingvoj ricevis forman disvolvadon, kio donis al ili apartan identecon[5] (Muljačić 1986).

3 En 1908 G. Peano publikigis la ampleksan enkondukon en aritmetikon, algebron kaj geometrion *Formulario mathematico* (Barandovská-Frank, [sen dato]).

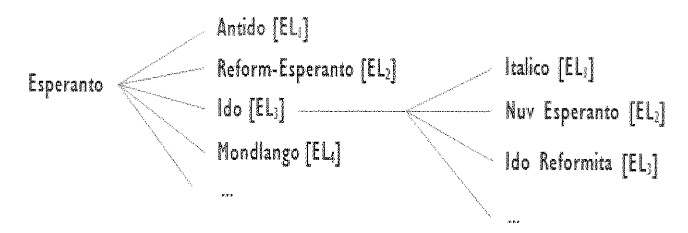
4 En *Spectroscopia Molecular* kaj *Scientia International* (1952-55), same kiel en medicinaj periodaĵoj aperis nur resumoj de alilingvaj verkoj, ne originaloj. Ankaŭ ne aperas originaloj en la retejo www.interlingua.com/historia/publicationes/libros.html nek en malnovaj katalogoj (Servicio de Libros 1991).

5 Tiu divido kutime kontrastas kun la tradicia lingvistiko. Ekzemple, de strikte lingva vidpunkto, en Galegio kaj Portugalio oni parolas la saman lingvon, ĉar la nordportugalaj dialektoj estas kontinuo de la galegaj (Fernández Rei 1990). Tiu estas la opinio de la latinida lingvistiko (Lausberg 1981, García González 1985), kaj de ĝiaj historie plej gravaj figuroj kaj ĝenerale de la moderna portugala lingvistiko (García González 1985, Cunha kaj Lindley Cintra 2002, Mira Mateus 2003). Tamen, laŭ la terminologio de Kloss estas distingeblaj du lingvoj en Galegio: la galega *ausbau* [EL_1] (oficiala galega, disigita de la portugala) kaj portugala *ausbau* [EL_2] (galega identigita kun la portugala, *reintegrisma* galega), ambaŭ ellaboraĵoj de la galega-portugala *abstand* [DL] (Muljačić 1986).

Inter la multaj projektoj de planlingvoj, kelkaj estis kreitaj kiel memstaraj, dum aliaj baziĝis sur jam ekzistantaj lingvoj kaj naskiĝis kiel rezulto de ilia modifo. Konkrete ĉi lastan grupon konsistigas:

- reformprojektoj de jam ekzistantaj planlingvoj, kiel Nuvo-Volapük (A. Kerckhoffs 1887), Reformita volapuko (C. Dietrich 1904), kaj la reformoj de Esperanto kaj Ido, kaj
- modifitaj etnolingvoj aŭ minimumaj lingvoj, kiel Latino sine flexione (el latino, G. Peano 1903), Apoléma (el la greka, La Grasserie 1907), Mundolingua (el la hispana, Starremburg 1922), Wede (el la germana, Baumann 1915), Basic English (el la angla, C. K. Ogden 1930)[6].

Se ni konsideras Esperanton, ni trovas ke pluraj aliaj lingvoj, kiuj ĝin sekvis, estis ĝiaj reform-projektoj, ellaboraĵoj (Drezen 1967; Reed Libert 2008; Albani kaj Buonarroti 1994). La plej sukcesa sendube estas Ido, pri kiu Blanke kaj Blanke (2015) asertas, ke *"ĝi estas ĝis certa grado reformita versio de Esperanto, ĉefe en vortformado kaj leksiko"*. Aplikante la dividon de Kloss al Esperanto kaj sekvante la uzon de Muljačić de ties konceptoj al latinidaj lingvoj, eblas veni al la jena skemo[7]:



Figuro 3. Esperanto kaj ĝiaj ellaborlingvoj

3. *La koncepto* tegmentolingvo. *Diferencismo.*

Kloss ekuzis la metaforan novan terminon *tegmento* aŭ *tegmentolingvo*, aplikitan al dialektoj kaj kreolaj lingvoj, por distingi du grupojn da lingvoj: la *sentegmentaj*, (*dachlose Dialekte*) kiel la korsika kaj papiamento, kaj la *tegmentitaj*, (*überdachte Dialekte*) kiel la piemonta aŭ la martinika. Tegmentita lingvo por Kloss estas tiu, en kies teritorio oni instruas ne en ĝi, sed en alia lingvo genetike rilata. Ĉar en la lernejoj de Piemonto kaj de Martiniko oni instruas respektive en la itala kaj la franca, Kloss konsideras ilin tegmentitaj (Kloss 1978, Muljačić 1986). La koncepto havis grandan akcepton en socilingvistikaj sferoj pritraktantaj minoritatigitajn lingvojn, kaj samtempe kun tio, ĝia signifo plivastiĝis: por Diaz Fouces (1995) la korsika havas duoblan tegmenton,

6 Por baza listo de la reformprojektoj, vidu Pechan (1979), 31-32.

7 La lingvoj, iliaj aŭtoroj kaj la lanĉojaroj estas Esperanto (L. L. Zamenhof 1987), Antido (René de Saussure 1910), Reform-Esperanto (A. Seidel 1909), Ido (Couturat kaj Beaufront 1907), Mondlango (He Yafu k.a. 2002), Italico (R. Triola 1909), Nuv Esperanto (J. Barral 1910) kaj Ido Reformita (Giacomo Meazzini 1928). Esperanto, kiel aposteriora planlingvo, estas la rezulto de submetiĝo al intensa forma disvolvado de etnaj lingvoj, kaj tial laŭ sia origino ĝi kundividas esencajn trajtojn kun ellabor-lingvoj; tamen, koncerne la lingvan distancon ekzistantan inter ĝi kaj aliaj lingvoj, kaj pro la fakto, ke el ĝi estis ellaboritaj aliaj lingvoj, ĝi havas ankaŭ komunajn ecojn kun distanciĝ-lingvoj.

samgenetikan (la italan) kaj *aligenetikan* (la francan), kaj por Monteagudo (2003) tegmentolingvo estas sinonimo de *reganta lingvo* en kunteksto de lingva konflikto. Pli ĝenerala estas la difino de Ruiz, Sanz kaj Solé (2001): tegmento estas lingvo aganta kiel *referenco* de minoritatigita lingvo. Tiel, la eŭska havas la hispanan kaj la francan kiel tegmentojn en sia teritorio, kvankam ĝi ne estas genetike rilata al latinidaj lingvoj.

Ĉu eblus paroli pri tegmentolingvoj en la kazoj de planlingvoj? Almenaŭ en la du supre menciitaj kategorioj de planlingvoj (reformprojektoj de planlingvoj kaj modifitaj etnolingvoj) la koncepto ŝajnas aplikebla. Sekve mi proponas analizon de kelkaj aspektoj rilataj al la koncepto *tegmentolingvo*.

Elstara rimedo por diferenciĝi de la tegmentolingvo estas ortografio, antaŭa al la leksikigo laŭ la skemo de Haugen (Diaz Fouces 1995). Ortografio havas fortan simbolan karakteron, kaj tial ofte ellaborlingvoj ricevas alfabetojn malsamajn al tiuj de la lingvoj de kiuj ili estas diferencataj. Tio okazas per unu au pluraj *standardo-karaktroj*, t.e., karakterizaj grafemoj de lingvo, kiu identigas ĝin je la unua vido (Gobbo 2009). En Ido x, y, sh, ch kaj la foresto de la supersignitaj literoj de Esperanto konsistigas ĝian identigilon. La diversaj simpligoj el la franca, kiel Francezin (A. Lakide 1893) aŭ Langage instantané (J. M. Chappaz 1900) estas fakte ortografiaj simpligoj, franca lingvo kun aparta skribkodo.

Unu el la trajtoj de tegmentolingvo estas, ke ĝi imunizas la tegmentitan lingvon kontraŭ alilingvajn influojn (Diaz Fouces 1995, Pazos Balado 2001). Se la alta grado de proksimeco inter ambaŭ lingvoj estas ne nur lingva, sed ankaŭ socia, la parolantoj de la tegmentita lingvo spontane enkondukos formojn el la tegmentolingvo (Negro Romero 2013). En la kazo de Ido, la aŭtonomeco de ĝia movado ne malebligas, ke Esperanto plu funkcias kiel tegmento, ĉar ĝia pli forta movado estas referenco por idoparolantoj en la kadro de la relativa interkomprenebleco ekzistanta. Tiu tegmenta funkcio de Esperanto manifestiĝas en Ido, ekzemple:

- en neologismoj *integritaj*[8], kiel *interreto*, *datumo*, *flandro*, *kataluno*, *lifto*, *volano*, kaj proponitaj, kiel *rondireyo*, *lautparolilo*.
- en prononcado: *fairo* [ˈfajro], *veino* [ˈvejno], anstataŭ [faˈiro] kaj [veˈino].
- en proverboj paŭsitaj el la esperantaj, kiel *Sen laboro nula oro* (el *Sen laboro ne venas oro*), *Ankore pasero en la aero* (el *Ĝi estas ankoraŭ pasero en la aero*), *Ne fatigas kuro la volanta kruro* (el *Volanta kruro ne laciĝas de kuro*), *En despropra vazo ne shovez la nazo!* (el *Ne ŝovu la nazon en fremdan vazon!*), *Putrado di fisho komencas del kapo* (el *Putrado de fiŝo komenciĝas de l' kapo*) ktp. En la kazo de etnaj ellaborlingvoj, fakuloj atentigas pri tio, ke korpusplanistoj neglektas la influon de la tegmenta lingvo sur frazeologion, ĉar ili atentas la unuvortajn unuojn pli ol la plurvortajn (Álvarez de la Granja 2003).

En alia direkto iras la diferencaj terminoj elektitaj por apartigi la novan normlingvon de ĝia tegmentolingvo. Dum la ellaborada procedo de la galega oni revivigis mezepokajn vortojn, poste rizuzitajn de la oficiala normo (*conquerir* 'konkeri', *belido* 'bela'),

8 Mi uzas *integro* kun la senso 'aneksaĵo el alia lingvo laŭnorme uzata', kontraste kun *interfero* 'uzo de elementoj de alia lingvo skribe aŭ parole' (Marta Negro 2013). La neologismajn ekzemplojn mi prenis el Neves (2008); ili estas neoficialaj.

aŭ ankoraŭ vigorantajn en ĝi (*ata* 'ĝis', *titor*[9] 'gvidinstruisto', 'kuratoro'). Tiu serĉado de diferencaj leksikaj elementoj en antaŭaj evolufazoj troveblas ankaŭ en Ido sub la formo de naturalisma tendenco: anstataŭ la skemismaj *patrino*, *malalta*, *malamas* kaj *malvarma* estis elektitaj respektive *matro*, *basa*, *odias* kaj *kolda*, ekzistantaj en la fontaj eŭropaj lingvoj antaŭaj ne nur al Ido, sed ankaŭ al sia *matrolinguo* Esperanto. Rilata al ĉi tio estas alia tendenco: purismo, kiu aparte reliefiĝas en kazoj de ellaborado de lingvo tegmentita de lingvistike simila lingvotegmento, rolante kiel plifortigo de la *separatisma funkcio*[10] de la nova normlingvo (González Seoane 2003)[11]. En Ido purismo montriĝas per pli granda fidelo forma al la etnolingva etimo, kio diferencigas ĝin de Esperanto:
- por eviti dusensecon kaj missegmentadon, segmentoj samformaj kun sufiksoj estis forigitaj aŭ aliformitaj en Esperanto; en Ido la vortoj aperas en formo plena: E-o *ĉelo* (<it. *cella*), *intesto*, *orfo*, *popolo* (< it. *popolo*, lat. *populus*), *sperta*; Ido *celulo* (lat. *celulla*, it. *celula*, fr. *célule*, hisp., port. *célula*), *intestino* (<lat. *intestinum*, fr. *intestine*, it., hisp., port. *intestino*), *orfano* (lat. *orphanus*, it. *orfano*), *populo* (<lat. *populus*).
- en Ido kelkaj vortoj estis ĉerpitaj el la latina anstataŭ el latinida lingvo: E-o *ĉirkaŭ* (<it. *circa*); Ido *cirkum* (<lat. *circum*).
- aliaj mallongigitaj vortoj en Esperanto estis restarigitaj en Ido. E-o *terni*; Ido *sternutar* (<lat. *sternutare*).

3. Konkludoj

Interdisciplineco kiel laborprincipo povas ĵeti lumon sur aspektojn ofte ne traktatajn aŭ provizi esploradon per iloj kiu helpas reordigi la studocelon kaj rigardi ĝin tra alia prismo. Apliki la skemon de Kloss al planlingvoj ebligas ricevi sufiĉe precizan ideon pri la atingoj de ĉiu lingvo en produktado de tekstoj kaj traktado de verkotemoj. Tiusence menciindas la altan nivelon de diversaj planlingvoj malgraŭ iliaj malgrandaj nombroj da parolantoj. Aliflanke, studi kelkajn tipojn de planlingvoj kiel ellaborlingvojn faciligas la aliron al konceptoj utilaj por eksplikі diversajn fenomenojn. Tiel, la koncepto *lingvotegmento* montriĝas tre valora por analizi kaj enkadrigi kelkajn ellaborprocedojn de reformprojektoj.

Bibliografio

Albani, Paolo kaj Buonarroti, Berlinghiero 1994: *Aga Magéra Difúra. Dizionario delle lingue immaginarie.* 'Aga Magéra Difúra. Vortaro de imagitaj lingvoj'. Bologna: Zanichelli.

Álvarez de la Granja, María 2003: *Fraseoloxía e estándar* 'Frazeologio kaj normlingvo'. En Álvarez de la Granja, María, kaj González Seoane, Ernesto Xosé 2003. 147-162.

Álvarez de la Granja, María, kaj González Seoane, Ernesto Xosé (ed.) 2003: *A estandarización do léxico.* 'Leksikonormigo'. Santiago de Compostela: Consello da Cultura Galega kaj Instituto da Lingua Galega.

Barandovská-Frank, Věra 2010: *Latinidaj planlingvoj.* Paderborn: Akademia Libroservo

Basic English. Part II. Chapter 7. Basic for Science. [http://ogden.basic-english.org/ be27.html]

9 Detalajn pravigojn por *titor* donas ĝia proponinto, Monteagudo (1986).

10 La termino estas de Galvin (1959).

11 Kontraste kun la naskiĝantaj normlingvoj, en firmiĝintaj normlingvoj purismo aperas kiel klopodo defendi kaj protekti la nacian lingvon kontraŭ fremdaj influoj.

Bibliographia de Interlingua 'Bibliografio de interlingvao' (1991). Beekbergen: Servicio de Libros U.M.I.

Blanke, Detlev 1985: *Internationale Sprachen / Eine Eienfuehrung.* Berlin: Akademie-Verlag.

—— 1989: Planned languages — a survey of some of the main problems. En K. Schubert (ed.): *Interlinguistics. Aspects of the Science of Planned Languages.* Berlin and New York: Mouton de Gruyter. 63–87.

—— 2000: Vom Entwurf zur Sprache. En Schubert, K. (ed.): *Planned Languages: From Concept to Reality.* Interface. Journal of Applied Linguistics 15 (1).

Blanke, Detlev, kaj Blanke, Wera 2015: Is Scholarly Communication Possible in a So-called "Artificial" Language?. En: *Interdisciplinary Description of Complex Systems* 13(2). 216-235.

Cunha, Celso, kaj Lindley Cintra, Luís F. 2002: *Breve Gramática do Português Contemporâneo.* 'Mallonga gramatiko de la nuntempa portugala'. 15a eldono. Lisboa: João Sá da Costa.

Diaz Fouces, Óscar 1995: *Os processos de elaboraçom lingüística. A propósito de "Ausbausprachen"* 'Lingvoellaboradaj procedoj. Pri *Ausbausprachen*'. *Agália* 45. Corunha/Santiago de Compostela/Ourense: Associaçom Galega da Língua. 5-18.

Drezen, Ernest 1967: *Historio de la Mondolingvo.* Tria eldono. Oosaka: Pirato.

Fernández Rei, Francisco 1990: *Dialectoloxía da lingua galega.* 'Dialektologio de la galega lingvo'. Vigo: Edicións Xerais de Galicia. 17-18.

Fiedler, Sabine 2006: "Standardization and elf-regulation in an international speech community: the case of Esperanto". En: *International Journal of the Sociology of Language* 01/2006 (177).

García González, Constantino 1985: *Temas de lingüística galega* 'Temoj de galega lingvistiko'. Corunha: La Voz de Galicia.

Garvin, P. L. 1959: The standard language problem: concepts and methods. En: P. L. Garvin 1964: *On linguistic method. Selected papers.* The Hague: Mouton, 153-158.

Gobbo, Federico 2009: *Fondamenti di interlinguistica ed esperantologia. Pianificazione linguistica e lingue pianificate* 'Fundamentoj de interlingvistiko kaj esperantologio. Lingvoplanado kaj planlingvoj'. Milano: Raffaello Cortina Editore.

Holzhaus, Adolf 1980: *Proverboj de Marko Zamenhof kaj Lazaro Zamenhof.* Helsinko: Fondumo Esperanto.

Kabatek, Johannes 2003: En que consiste o *ausbau* dunha lingua? 'Kio estas *ausbau* de lingvo?' En: Álvarez de la Granja, María, kaj González Seoane, Ernesto Xosé 2003. 37-51.

Kloss, Heinz 1978: *Die Entwicklung neuer germanischer Kultursprachen seit 1800* 'La disvolviĝo de novaj germanaj kulturlingvoj ekde 1800'. Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann.

Koutny, Ilona 2015: Can complexity be planned? En: *Interdisciplinary Description of Complex Systems* 13(2). 236-249

La ĉefaj avantaĝoj de Ido [broŝuro]. De Morgannwg: Ido-Librerio. 1989.

Lamuela, Xavier, kaj Monteagudo, Henrique 1996: Planificación lingüística. 'Lingvoplanado'. En: Pérez, Milagros (kunord.): *Avances en lingüística aplicada.* Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela. 229-301

Lausberg, Heinrich 1981: *Linguística Românica.* 'Latinida lingvistiko'. 2a eldono. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Mira Mateus, Maria Helena 2003: Dialectos e variedades do português. En: Mira Mateus, Maria Helena; Brito, Ana Maria; Duarte, Inês, k.a.: *Gramática da Língua Portuguesa.* 'Gramatiko de la portugala lingvo'. 5a eldono. Lisboa: Caminho.

Monteagudo, Henrique 1986: Titor: forma medieval para o galego moderno. En: *Verba* 13. 317-324.

—— 2003: Sobre a norma léxica do galego culto: da prosa ficcional de Nós ao ensaio de Galaxia 'Pri la leksika normo de la klera galega: de la fikcia prozo de Nós ĝis la eseo de Galaxia'. En: Álvarez de la Granja, María, kaj González Seoane, Ernesto Xosé 2003. 197-253.

Muljačić, Žarko 1986: *L'enseignament de Heinz Kloss (modifications, implications, perspectives).* 'La instruo de Heinz Kloss (modifoj, implicoj, perspektivoj)'. En: *Langages* 53-63.
Negro Romero, Marga 2013: Contacto galego-castelán e cambio no léxico do corpo humano 'Galega-hispana kontakto kaj ŝanĝiĝoj en la homkorpa leksiko'. En: Gugenberger, Eva; Monteagudo, Henrique, kaj Rei-Doval, Gabriel: *Contacto de linguas, hibrididade, cambio: contextos, procesos e consecuencias.* Santiago de Compostela: Consello da Cultura Galega.
Neves, Gonçalo 2008: *Suplementa Ido-leksiko.* Lisboa: Editerio Sudo.[www.ido.li/vortari/SIL.pdf]
Pazos Balado 2001: Importancia dos diccionarios bilingües nunha lingua minoritaria: os diccionarios bilingües en galego 'Graveco de dulingvaj vortaroj en minoritata lingvo: la dulingvaj vortaroj en la galega'. En: Bugarín López, Mª Xesús, k.a. (ed.): *Actas da VIII Conferencia Internacional de Linguas Minoritarias*, Santiago de Compostela, 22-24 novembro 2001. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia. 587-594.
Pechan, Alfonso (red.) 1979: *Gvidlibro pri supera ekzameno.* Budapest: Hungara Esperanto-Asocio.
Peus, Heinrich 1918: *Ido Proverbaro.* Dessau: Ido-Verlag. [http://www.ido-vivo.info/ idoproverbaro.pdf]
Reed Libert, Allan 2008: *Daughters of Esperanto.* Muenchen: Lincom.
Ruiz i San Pasqual, Francesc; Sanz i Ribelles, Rosa; kaj Solé i Camardons, Jordi 2001: *Diccionari de sociolinguística* 'Socilingvistika vortaro'. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.
Wüster, Eugen 1931: *Internationale Sprachnormung in der Technik, besonders in der Elektrotechnik* 'Internacia lingvonormigo en tekniko, ĉefe en elektrotekniko'. Berlin: VDI.

Ricevita 2015-08-30
Adreso de la aŭtoro: susomoinhos@gmail.com

Language planning and planned languages: new ways to analysis (Summary)
This paper analyses the common ground shared by language planning of ethnic languages and creation of planned (constructed) languages, on the basis the works of Heinz Kloss. His scheme for mesuring the ellaboration of ethnic languages considers both corpus and status planning, using two axes: the ellaboration and the themes of the existing texts. If we apply it to constructed languages we can establish that the level of ellaboration of them doesn't depend on the number of their speakers. Another concept of Kloss is the distinction between Abstandsprache (distance language, an independent language from strictly linguistic point of view) and Ausbausprache (ellaboration language, a developed and standardized language). Taking this dichotomy and its application to romance language by Muljačić, we can classify the constructed languages as well: there are some constructed languages that have been ellaborated from another one. Finally, Kloss' concept of roofing has suffered an enlargement of its meanings thoughout the time; subsequent authors considers that a roof is a reference language for a minorised one. Many features of minorised languages in connection with the roofing of dominating ones can also be found among constructed languages which have been ellaborated from other languages: the use of a different ortography, the introduction of terms from the roofing language (and its immunization against the influence of third languages as well) and the searching of lexic elements from earlier phases of the roofing language, as a manifestation of the separatism function of the new standard.

Computergeschichte in Aktion
Das *Vintage Computing Festival Berlin* geht in die dritte Runde

Berlin, 01.09.2016 – Wie in den vergangenen beiden Jahren soll auch an diesem ersten Oktoberwochenende wieder ein „Vintage Computing Festival Berlin" (VCFB) in den Räumen der Humboldt-Universität stattfinden. Aufgrund des wachsenden Zuspruchs bei Ausstellern und Besuchern und der zeitlich günstigen Lage öffnen die Veranstalter dieses mal für 3 Tage die Türen des Pergamon-Palais (Berlin Mitte). Vom 1. bis 3. Oktober 2016 laden das *Institut für Musikwissenschaft und Medienwissenschaft* und der *Hackerspace AFRA* Computergeschichts-Interessierte ein historische lauffähige Rechner zu sehen, Vorträge zu hören und an Workshops und Kulturveranstaltungen teilzunehmen.

Wie in den vergangenen Jahren wird es wieder Angebote für Kinder und Jugendliche geben, „Pentabugs" löten zu lernen und im „Game Room" die Geschichte des Computerspiels „Hands-on" zu erleben. Im Fokus steht dort wie auch in der Sonderausstellung dieses mal das Thema „Computer/Sprachen" – absichtlich doppeldeutig formuliert, wie Dr. Stefan Höltgen, Mitorganisator aus der Medienwissenschaft betont: „Die Beziehungen zwischen Computern und geschriebenen, gesprochenen und gehörten Sprachen sind äußerst vielfältig. Sie beginnen bei den ersten Programmiersprachen und enden bei Dialogsystemen, in denen Menschen und Computeravatare quasi auf Mund- und Ohr-Höhe miteinander kommunizieren." In diesen thematischen Rahmen fügt sich auch die diesjährige Fachtagung, die am Sonntag während des VCFB stattfindet: Das 1966 vom Berliner Computerwissenschaftler Joseph Weizenbaum entwickelte Programm „ELIZA", das einen Computerpsychologen simuliert, wird 50 Jahre alt. Aus diesem Anlass kommen internationale Wissenschaftler, Künstler und Kollegen des 2008 verstorbenen Weizenbaum zum VCFB eingeladen, um dort über die Geschichte, Implementierungen und Auswirkungen von „ELIZA" für KI-Forschung und Kultur zu sprechen.

So vielfältig wie was wissenschaftliche ist auch historische Programm des VCFB. Computer, Peripherien und Programme der letzten 60 Jahre sollen wieder lauffähig ausgestellt werden. „Damit die Aussteller miteinander und mit den ebenfalls eingeladenen Technik-, Computer- und Kommunikationsmuseen in Austausch kommen können haben wir den ersten Ausstellungstag – Samstag – allein der Fachpresse und angemeldeten Gästen vorbehalten", erklärt die Informatikerin Anke Stüber vom *Hackerspace AFRA*. Hiermit reagiere man auch auf den wachsenden fachlichen Bedarf an Diskussionen über Hard- und Softwarearchivierung, interaktive Technikmuseen und deren spezifische Didaktik. Dass hinter all der Beschäftigung mit Computergeschichte auch Spaß und Kultur nicht zu kurz kommen muss, soll die auch dieses Jahr wieder stattfindende Party mit Chiptunes-Musik (am Sonntag Abend) sowie viele kleine Projekte und Specials, die im Rahmen des Festivals stattfinden, zeigen. Für Gäste ist ebenso wie für Aussteller und Anbieter von Vorträgen und ist die Teilnahme am VCFB vollständig kostenlos. Letztere können ihre Teilnahme unter www.vcfb.de anmelden.

Felix Linckes Beschreibung des menschlichen Körpers als mechanisches Relais.

Aus: Felix Lincke: Das mechanische Relais. Mechanismen zur Ausführung indicierter Bewegungen. Eine synthetische Studie. Berlin: 1880.

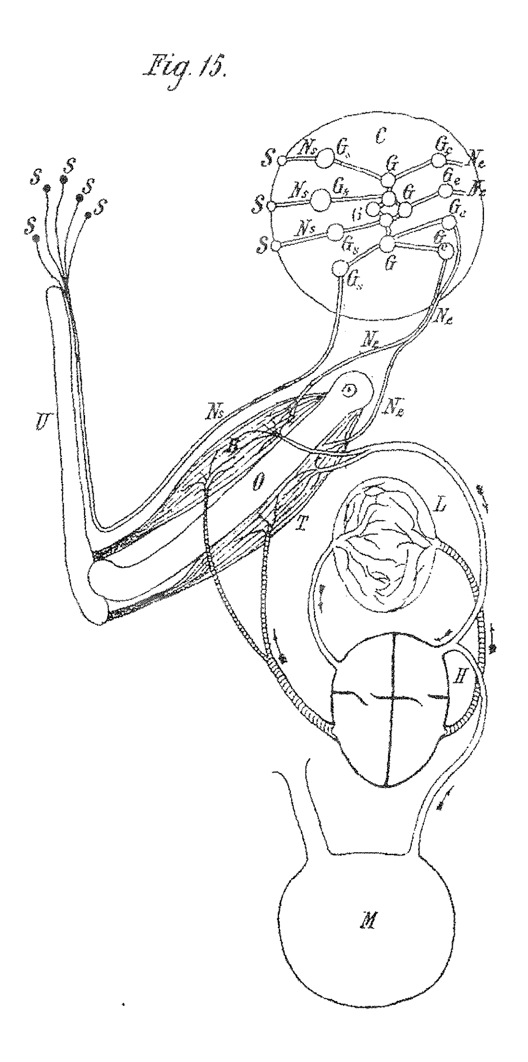
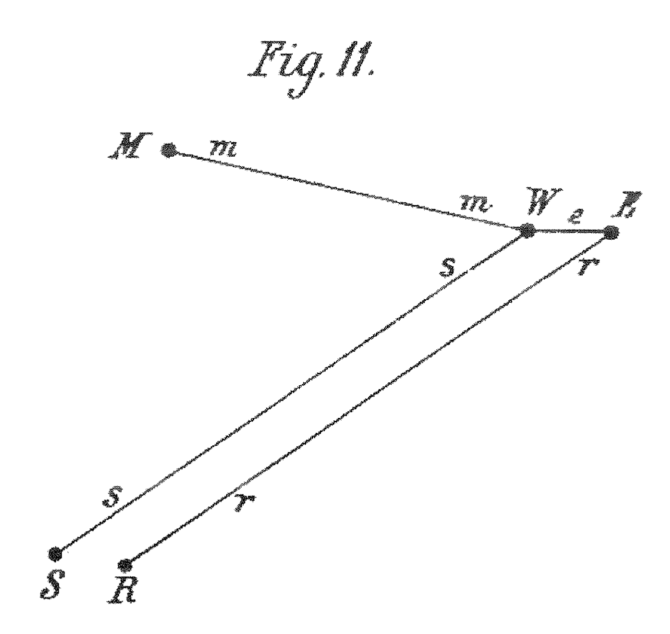


Fig. 15.

Felix Linckes Beschreibung des ersten (noch nicht komplett geschlossenen) Regelkreises.

Aus: Felix Lincke: Das mechanische Relais. Mechanismen zur Ausführung indicierter Bewegungen. Eine synthetische Studie. Berlin: 1880.



Richtlinien für die Kompuskriptabfassung

Außer deutschsprachigen Texten erscheinen ab 2001 auch Artikel in allen vier anderen Arbeitssprachen der Internationalen Akademie der Wissenschaften (AIS) San Marino, also in Internacia Lingvo (ILo), Englisch, Französisch und Italienisch. Bevorzugt werden zweisprachige Beiträge – in ILo und einer der genannten Nationalsprachen - von maximal 14 Druckseiten (ca. 42.000 Anschlägen) Länge. Einsprachige Artikel erscheinen in Deutsch, ILo oder Englisch bis zu einem Umfang von 10 Druckseiten (ca. 30.000 Anschlägen) in 14-pt Schrift. In Ausnahmefällen können bei Bezahlung einer Mehrseitengebühr auch längere (einsprachige oder zweisprachige) Texte veröffentlicht werden.

Das verwendete Schrifttum ist, nach Autorennamen alphabetisch geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluss des Beitrags zusammenzustellen – verschiedene Werke desselben Autors chronologisch geordnet, bei Arbeiten aus demselben Jahr nach Zufügung von „a", „b", usf. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind anschließend nacheinander Titel (evt. mit zugefügter Übersetzung, falls er nicht in einer der Sprachen dieser Zeitschrift steht), Erscheinungsort und Erscheinungsjahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenartikel werden - nach dem Titel - vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seiten und Jahr. – Im Text selbst soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs (evt. mit dem, Zusatz „a" etc.) zitiert werden. – **Bevorzugt werden Beiträge, die auf früher in dieser Zeitschrift erschienene Beiträge anderer Autoren Bezug nehmen.**

Graphiken (die möglichst als Druckvorlagen beizufügen sind) und auch Tabellen sind als „Bild 1" usf. zu nummerieren und nur so im Text zu erwähnen. Formeln sind zu nummerieren.

Den Schluss des Beitrags bilden die Anschrift des Verfassers und ein Knapptext (500 – 1.500 Anschläge einschließlich Titelübersetzung). Dieser ist in mindestens einer der Sprachen Deutsch, Englisch und ILo, die nicht für den Haupttext verwendet wurde, abzufassen.

Die Beiträge werden in unmittelbar rezensierbarer Form erbeten. Artikel, die erst nach erheblicher formaler, sprachlicher oder inhaltlicher Überarbeitung veröffentlichungsreif wären, werden in der Regel ohne Auflistung aller Mängel zurückgewiesen.

Direktivoj por la pretigo de kompuskriptoj

Krom germanlingvaj tekstoj aperas ekde 2001 ankaŭ artikoloj en ĉiuj kvar aliaj laborlingvoj de la Akademio Internacia de la Sciencoj (AIS) San Marino, do en Internacia Lingvo (ILo), la Angla, la Franca kaj la Itala. Estas preferataj dulingvaj kontribuaĵoj – en ILo kaj en unu el la menciitaj naciaj lingvoj – maksimume 14 prespaĝojn (ĉ. 42.000 tajpsignojn) longaj. Unulingvaj artikoloj aperadas en la Germana, en ILo aŭ en la Angla en amplekso ĝis 10 prespaĝoj (ĉ. 30.000 tajpsignoj) en 14-pt skribgrandeco. En esceptaj kazoj eblas publikigi ankaŭ pli longajn tekstojn (unulingvajn aŭ dulingvajn) post pago de ekscespaĝa kotizo.

La uzita literaturo estu surlistigita je la fino de la teksto laŭ aŭtornomoj ordigita alfabete; plurajn publikaĵojn de la sama aŭtoro bv. surlistigi en kronologia ordo; en kazo de samjareco aldonu „a", „b", ktp. La nompartoj ne ĉefaj estu almenaŭ mallongigite aldonitaj. De monografioj estu – poste – indikitaj laŭvice la titolo (evt. kun traduko, se ĝi ne estas en unu el la lingvoj de ĉi tiu revuo), la loko kaj la jaro de la apero kaj laŭeble la eldonejo. Artikoloj en revuoj ktp. estu registritaj post la titolo per la nomo de la revuo, volumo, paĝoj kaj jaro. - En la teksto mem bv. citi pere de la aŭtornomo kaj la aperjaro (evt. aldoninte „a" ktp.). - **Preferataj estas kontribuaĵoj, kiuj referencas al kontribuaĵoj de aliaj aŭtoroj aperintaj pli frue en ĉi tiu revuo.**

Grafikaĵojn (kiuj estas havigendaj laŭeble kiel presoriginaloj) kaj ankaŭ tabelojn bv. numeri per „bildo 1" ktp. kaj mencii en la teksto nur tiel. Formuloj estas numerendaj.

La finon de la kontribuaĵo konstituas la adreso de la aŭtoro kaj resumo (500 – 1.500 tajpsignoj inkluzive tradukon de la titolo). Ĉi tiu estas vortigenda en minimume unu el la lingvoj Germana, Angla kaj ILo, kiu ne estas uzata por la ĉefteksto.

La kontribuaĵoj estas petataj en senpere recenzebla formo. Se artikolo estus publicinda maljam post ampleksa prilaborado formala, lingva aŭ enhava, ĝi estos normale rifuzata sen surlistigo de ĉiuj mankoj.

Regulations concerning the preparation of compuscripts

In addition to texts in German appear from 2001 onwards also articles in each four other working languages of the International Academy of Sciences (AIS) San Marino, namely in Internacia Lingvo (ILo), English, French and Italian. Articles in two languages – in ILo and one of the mentioned national languages – with a length of not more than 14 printed pages (about 42.000 type-strokes) will be preferred. Monolingual articles appear in German, ILo or English with not more than 10 printed pages (about 30.000 type-strokes) in 14-pt types. Exceptionally also longer texts (in one or two languages) will be published, if a page charge has been paid.

Literature quoted should be listed at the end of the article in alphabetical order of authors' names. Various works by the same author should appear in chronological order of publication. Several items appearing in the same year should be differentiated by the addition of the letters "a", "b", etc. Given names of authors (abbreviated if necessary) should be indicated. Monographs should be named along with place and year of publication and publisher, if known. If articles appearing in journals are quoted, the name, volume, year and page-number should be indicated. Titles in languages other than those of this journal should be accompanied by a translation into one of these if possible. – Quotations within articles must name the author and the year of publication (with an additional letter of the alphabet if necessary). – **Preferred will be texts, which refer to articles of other authors earlier published in this journal.**

Graphics (fit for printing) and also tables should be numbered "figure 1", "figure 2", etc. and should be referred to as such in the text. Mathematical formulae should be numbered.

The end of the text should form the author's address and a resumee (500 – 1.500 type-strokes including translation of the title) in at least one of the languages German, ILo and English, which is not used for the main text.

The articles are requested in a form which can immediately be submitted for review. If an article would be ready for publication only after much revising work of form, language or content, it will be in normal case refused without listing of all deficiencies.